

**VAASAN YLIOPISTO**  
**KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA**  
**TALOUSTIETEEN YKSIKKÖ**

Fanni Nieminen

**SUOMEN ENERGIATURVALLISUUS**  
Energiantuotannon diversiteetin näkökulmasta

Pro gradu -tutkielma  
Taloustieteen maisteriohjelma

**VAASA 2017**



<b>SISÄLLYSLUETTELO</b>	<b>sivu</b>
<b>TIIVISTELMÄ</b>	5
<b>1. JOHDANTO</b>	7
<b>2. ENERGIATURVALLISUUS</b>	10
<b>3. EUROOPAN UNIONIN ENERGIAPOLITIikka</b>	15
3.1. Strategia	17
3.2. Ilmastomuutos ja uusiutuvat energianmuodot	19
<b>4. ENERGIANKULUTUS JA -TUOTANTO SUOMESSA</b>	22
4.1. Energiamarkkinat	22
4.2. Sähkömarkkinat	27
4.3. Uusiutumaton energia	29
4.4. Uusiutuva energia	33
<b>5. ENERGIATURVALLISUUDEN KEHITTYMINEN SUOMESSA</b>	37
5.1. Energiapolitiikan historia	38
5.2. Tämän hetkinen energiapolitiikka	40
<b>6. TUTKIMUSaineiston ANALYsointi</b>	45
6.1. Mittaristo	45
6.2. Ruotsin energiapolitiikka	49
6.3. Tulokset	51
6.3.1 Oman energiantuotannon diversiteetti	52
6.3.2 Nettotuonnin diversiteetti	54
6.4. Yhteenveto	56
<b>7. JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	59
<b>LÄHTEET</b>	63



**KUVIOLUETTELO****sivu**

<b>Kuvio 1.</b> Energiaturvallisuuden spektri (Kruyt ym. 2009).	13
<b>Kuvio 2.</b> Suomen energian kokonaiskulutus (Tilastokeskus 2017).	23
<b>Kuvio 3.</b> Energian kokonaiskulutus vuonna 2015 (Tilastokeskus 2016).	24
<b>Kuvio 4.</b> Energian loppukäyttö sektoreittain vuonna 2015 (Tilastokeskus 2017).	25
<b>Kuvio 5.</b> Suomen energiantuonti energialähteittäin vuonna 2014 (OECD/IEA 2017).	26
<b>Kuvio 6.</b> Suomen sähkönkulutus vuosina 1970-2015 (Tilastokeskus 2016).	27
<b>Kuvio 7.</b> Suomen tuodun sähkön (TWh) maajakauma (Tulli 2017).	29
<b>Kuvio 8.</b> Raakaöljyn tuontimäärät Suomeen miljoonina tonneina (Tulli 2017).	30
<b>Kuvio 9.</b> Suomen uusiutuvien energialähteiden käyttö (Tilastokeskus 2016).	34
<b>Kuvio 10.</b> Shannon-Wiener-indeksin arvot (Grubb ym. 2006: 4052).	48
<b>Kuvio 11.</b> Ruotsin primäärienergian tarjonta (TWh) (Energimyndigheten 2017).	49
<b>Kuvio 12.</b> Ruotsin oma energiantuotanto vuonna 2014 (IEA 2017).	51
<b>Kuvio 13.</b> Oma energiantuotanto mitattuna diversiteetti-indekseillä.	52
<b>Kuvio 14.</b> Energian nettotuonti mitattuna diversiteetti-indekseillä.	55
<b>Kuvio 15.</b> Suomen ja Ruotsin energiariippuvuus prosentteina (Eurostat 2017).	58

**TAULUKKOLUETTELO**

<b>Taulukko 1.</b> Valtioenemmistöiset yhtiöt 2017 (Valtioneuvoston kanslia 2016).	44
<b>Taulukko 2.</b> HH-indeksin määritelmät (Sällh ym. 2014: 336).	47



---

**VAASAN YLIOPISTO****Kauppätieteellinen tiedekunta**

<b>Tekijä:</b>	Fanni Nieminen
<b>Tutkielman nimi:</b>	Suomen energiaturvallisuus: Energiantuotannon diversiteetin näkökulmasta
<b>Ohjaaja:</b>	Jaana Rahko
<b>Tutkinto:</b>	Kauppätieteiden maisteri
<b>Oppiaine:</b>	Taloustiede
<b>Koulutusohjelma:</b>	Taloustieteen koulutusohjelma
<b>Aloitusvuosi:</b>	2015
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2017
	<b>Sivumäärä: 70</b>

---

**TIIVISTELMÄ**

Energia on välttämätöntä modernille elämälle ja sen merkitys erityisesti Suomelle on tärkeä, koska pohjoisen sijaintimme vuoksi kulutamme suhteessa muihin eurooppalaisiin huomattavasti enemmän energiaa. Lisäksi Suomen teollisuuden rakenne on energiaintensiivinen, joten viennin kilpailukyvyyn kannalta energian kohtuullinen hinta on välttämätöntä. Energiaturvallisuus on noussut aiheeksi johtuen kasvavasta energian kysynnästä ja Euroopassa lähiaikoina tapahtuneesta energiakriisistä, joka vaikutti erityisesti Itä-Eurooppaan. Tämän hetken energiapoliittisissa keskusteluissa aiheeksi nousee myös ilmastomuutos, jota vastaan Euroopan unionin on julkaissut energia- ja ilmastopoliittisia strategioita tavoitevuosille 2020, 2030 ja 2050 sekä missä keskustellaan myös energiaturvallisuudesta.

Tämän tutkielman tarkoitus on kartoittaa Suomen energiaturvallisuutta erityisesti sen energiantuotannon diversiteetin kannalta, minkä on useissa tutkimuksissa osoitettu suojaavan vakaata energiajärjestelmää ja ylläpitävän energian kohtuullisia hintoja. Suomen oman energiantuotannon sekä tuonnin diversiteettiä tarkastellaan Herfindahl-Hirschman – ja Shannon-Wiener –indeksien avulla vuosien 1995 ja 2014 aikana. Verrokkimaana hyödynnetään Ruotsin vastaavia indeksin arvoja. Tutkielman havaintoaineisto on kerätty kansainvälisen energiajärjestön (IEA) tietokannasta ja lisäksi tutkielmassa on hyödynnetty muun muassa työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja energia- ja ilmastopoliitiikan selonteista kattavan analyysin aikaansaamiseksi.

Tutkielman tuloksena havaittiin, että Suomen energian diversiteetti niin tuotannon kuin tuonnin suhteen on matalan diversiteetin tasolla ja todennäköisesti energia- ja ilmastopoliittisista linjauksista johtuen se tulee vielä heikentymään tulevaisuudessa oman tuotannon suhteen. Kuitenkin Suomen energiaturvallisuus kokonaisuudessaan on kasvanut omavaraisuuden ja kansainvälisten suhteiden kehittyessä. Kehittyvä teknologia uusiutuvien energiamuotojen saralla voi toki tuoda myös uusia mahdollisuuksia. Suomen vertailumaalla Ruotsilla oli puolestaan näkyvissä hieman enemmän positiivista kehitystä kohti kilpailullisempia markkinoita energiamuotojen suhteen.

---

**AVAINSANAT:** energiaturvallisuus, energiapoliittikka, Herfindahl-Hirschman-indeksi, Shannon-Wiener –indeksi,





## 1. JOHDANTO

Energiaturvallisuuden tarkoituksena on yleisimpien määritelmien mukaan turvata maan energiantuotanto ja pitää energiantuotanto vakaana kysyntään nähden sekä ylläpitää hintaa, joka on kohtuullista ja tukee talouskasvua. Maista erityisesti Suomelle energia on tärkeää, koska teollisuuden rakenteemme on erityisen energiantensiivinen ja se kuluttaa 46 prosenttia energian kokonaiskulutuksesta (Tilastokeskus 2017). Näin ollen jo kilpailuvuon ylläpitämiseksi energiankulutusta tulisi tarkastella kriittisesti. Lisäksi Suomen pohjoisen sijainnin vuoksi rakennusten lämmityksen ylläpitämiseen kuluu paljon energiaa ja pitkät välimatkat lisäävät liikenteen energiankulutusta, mitkä nostavat Suomen energiankulutuksen asukasta kohden toiselle sijalle Euroopan unionin maiden välisissä tilastoissa (Metla 2013). Jos siis tarkastelemme energiaturvallisuuden määritelmää ja Suomen energiatilastoja, niin voimme ymmärtää miksi myös Suomen energiaturvallisuuden strategiaa on tärkeää tutkia. Energiaturvallisuutta on tärkeä tarkastella, jotta voimme ylläpitää modernia elämäämme ja ylläpitää talouskasvua pitkällä aikavälillä häiriöistä huolimatta. Yksi yhteiskunnan taloudellisen toimintakyvyn lamauttava uhkakuvana on nimenomaan energiasaannin katkeaminen, missä energiaturvallisuuden merkitys erityisesti tulee ilmi.

Viimeisin energiakriisi Itä-Euroopassa havahdutti myös Euroopan unionin oman energiaturvallisuusstrategian kehittämiseen, kun ennemmin energiaan liittyviä kysymyksiä pidettiin kansallisina. Euroopan unionin energia- ja ilmastostrategian pääpainoina ovat kestävä, kilpailukykyinen ja varma energianhuolto. EU:n tavoitteena on ilmastonmuutoksen hillitseminen, mikä näkyy vahvasti sen strategiassa ja heijastuu sen jäsenvaltioihin muun muassa päästötavoitteiden ja uusiutuvan energian osuuden kasvattamisena kokonaiskulutuksessa. Euroopan unionin on asettanut Suomelle tavoitteet vähentää päästöjä 16 prosenttia ei-päästökauppasektorilla ja laskea 20 prosenttia energiankulutusta parantamalla energiatehokkuutta sekä nostaa uusiutuvien energialähteiden määrä energianloppukulutuksesta 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Kasvava energian kysyntä, ilmastonmuutos ja vähentyvät uusiutumattomat energiavarat ovat merkittäviä kysymyksiä globaalisti, mitkä odottavat ratkaisuja.

Tämän tutkielman lähtökohtana on tarkastella Suomen energiaturvallisuutta energiantuotannon diversiteetin näkökulmasta, mikä viittaa energialähteiden hajauttamiseen energiantarjonnan turvaamiseksi. Energian diversiteettiä on monissa tutkimuksissa (mm. Grubb ym. 2006; Ranjan & Hughes 2014) argumentoitu välttämättömäksi pitkäaikaiselle energiaturvallisuudelle ja lisäksi auttavan taloutta sietämään satunnaisia häiriöitä liittyen energian saatavuuteen. Näin ollen tämän tutkimuksen tutkimuskysymyksiksi valikoituivat:

- i) Mistä Suomen energiaturvallisuus muodostuu?
- ii) Millainen energian diversiteetti Suomella on?
- iii) Miltä Suomen energiaturvallisuuden tulevaisuus näyttää?

Energiaturvallisuuden muodostumista tarkastellaan Cherpin ja Jewellin (2011) luoman mallin avulla, missä energiaturvallisuus on jaettu kolmeen osaan. Tutkielma käsittelee siis energiaturvallisuutta itsenäisyyden, sietokyvyn ja kestävyys kautta, mitä kaikkia vahvistaa energian tuotannon diversiteetin lisääminen. Lisäksi tutkitaan Suomen energiaturvallisuutta energiantuotannon sekä energiantuonnin diversiteetin näkökulmasta ja miten Suomen energian diversiteetti on kehittynyt vuosien 1995-2014 välillä. Tutkimuksen energiaturvallisuuden diversiteetin laskemiseksi käytetään Herfindahl-Hirschman- ja Shannon-Wiener –indeksejä, jotka on laskettu kansainvälisen energiajärjestön IEA:n julkaisemien tilastojen perusteella. Suomen energiaturvallisuuden indeksien lisäksi tarkastellaan myös vertailuna Ruotsin vastaavia indeksejä, koska vertailemalla maiden arvoja pystytään paremmin ottamaan huomioon niin globaalit tilanteet kuin kehityskohdat. Vertailumaaksi valikoitui Ruotsi, joka on sosio-ekonomisesti samankaltainen maa ja sijaitsee myös Pohjois-Euroopassa. Tutkielmassa arvioidaan myös lyhyesti mihin suuntaan Suomen energiaturvallisuus on kehittymässä ja minkälaisia muutoksia on luvassa.

Tutkielma on koottu muun muassa tieteellisistä artikkeleista, Internet-julkaisuista, selviteistä ja Euroopan komission tiedonannoista. Teoreettinen viitekehystutkielmalle on koottu tieteellisistä artikkeleista, joissa energiaturvallisuus on määritelty sekä Euroopan unionin ja Suomen energiapolitiikan strategioista. Tutkielmassa määritellään kappaleessa

kaksi ensin energiaturvallisuus eri tutkimusten pohjalta. Kolmannessa kappaleessa käydään läpi Euroopan unionin energiapolitiikka, koska Suomi liittyi sen jäsenmaaksi 1995 ja on näin ollen velvollinen noudattamaan EU:n lainsäädäntöä sekä toteuttamaan sen toimenpanemia säädöksiä ja direktiivejä.

Tutkielmassa esitetään Suomen energiamarkkinat ja tuotannon rakenne kappaleessa neljä, mistä syvennyttään tarkemmin kappaleessa viisi Suomen energiapolitiikan historiaan ja nykyiseen kansalliseen energia- ja ilmastostrategiaan, joka julkaistiin 24.11.2016. Suomen työ- ja elinkeinoministeriö päättää energiaan liittyvistä kysymyksistä ja sen keskeiset tehtävät energiapolitiikan suhteen ovat energiamarkkinoiden ja toimitusvarmuuden kehitys, uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden lisääminen sekä ydinenergian sääntely.

Kuudes kappale koostuu varsinaisesta tutkimusosasta, missä tarkastellaan Suomen sekä vertailumaan Ruotsin energiantuotannon ja -tuonnin diversiteettiä. Suomen ja Ruotsin energiatalous pyrkii vahvasti kohti uusiutuvan energiankäyttöä erityisesti bioenergian avulla ja mihin maiden hallitukset ovat asettaneet kunnianhimoisia tavoitteita tuleville vuosikymmenille. Viimeisessä kappaleessa kootaan yhteen tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset, joita voidaan muodostaa Suomen energiaturvallisuudesta ja sen energiantuotannon diversiteetistä sekä tulevaisuuden kehitysnäkymistä.

## 2. ENERGIATURVALLISUUS

Kappaleessa pyritään määrittelemään energiaturvallisuus, jonka määritelmät ovat koottu kirjallisuuskatsauksina erilaisista artikkeleista liittyen energianturvallisuuden tarkastelemiseen ja sen tutkimiseen. Johansson (2013) kertoo turvallisuuden olevan lyhyesti tilanne, josta uhat puuttuvat. Näin ollen turvallisuus voi olla subjektiivinen ja objektiivinen ulottuvuus, joista ensimmäinen sisältää yksilöllisen näkemyksen olla turvassa ja toinen mitataan ulkoisten kriteerien mukaan. Uhan voidaan ajatella syntyvän ulkoisista tai sisäisistä tekijöistä, kuten esimerkiksi huonosta infrastruktuurista, tehottomista markkinoista ihmisten tai luonnonvoimien seurauksena. Turvallisuudesta voidaan puhua myös valtiollisella tasolla tai ihmiskeskeisesti. Näissä tapauksissa kyseessä on joko valtion systeminen suojeleminen tai ihmisten turvallisuus muun muassa nälkää ja tauteja vastaan.

Energiaturvallisuudelle on paljon erilaisia määritelmiä niin eri tieteenalojen kuin ulottuvuuksien kautta, sillä siihen liittyviä kysymyksiä ei voida selittää yksinkertaisesti. Maiden haavoittuvaisuus energian suhteen tuli ensimmäisen kerran ilmi 1970-luvulla, kun suurin osa öljyä tuottavista arabialaisista OPEC-maista katkaisi öljyn tuonnin protestoidakseen Yhdysvaltojen tukea Israeliin, milloin öljyä maahantuoneet maat joutuivat kärsimään öljyn korkeista hinnoista. Alun perin energiaturvallisuus käsitti nimenomaan öljyntarjonnan, koska öljykriisistä alkaen maat alkoivat ottaa käyttöön erilaisia käytäntöjä välttääkseen vastaavat ongelmat energiantarjonnassaan. Vuonna 2008 tapahtunut Venäjän ja Ukrainan välinen kaasukriisi on lähihistorian esimerkki suuremmasta energiantarjontahäiriöstä, joka vaikutti myös laajasti myös Euroopan unionin alueisiin. Alun perin energiaturvallisuutta koskeva puhe käsitti lähinnä armeijan ja geopolitiikan strategiat, mutta nykyisin otetaan myös huomioon luonnonvarojen riittämättömyys sekä tekniikan haavoittuvaisuus, joista on muodostunut osa energiaturvallisuutta. (Cherp & Jewell 2011.)

Energiaturvallisuus voidaan määritellä *luotettavaksi ja riittäväksi energiantarjonnaksi, jonka hinnat ovat kohtuullisia*. Lyhyen aikavälin energiaturvallisuus keskittyy tarkkailemaan mahdollisia riskejä liittyen teknologiaan ja poliittisiin ongelmiin, ja pitkäaikainen

energiaturvallisuus keskittyy muodostamaan kuvaa tulevaisuuden riskeistä energian tarjontaan. Nykyään energiaturvallisuus koostuu pitkälti strategisesta turvallisuudesta ja poliittisista teorioista, joiden lisäksi luonnon rajalliset resurssit ja teknologian haavoittuvaisuus ovat lukeutuneet osaksi energiaturvallisuutta. (Bhattacharyya 2011: 463-464.)

Cherp ja Jewell (2011) kuvailivat energiaturvallisuudelle kolme eri näkökulmaa, joiden juuret ovat eri tieteen aloissa. He määrittivät energiaturvallisuuden näkökulmiksi itsenäisyyden (sovereignty), kestävyuden (robustness) ja sietokyvyn (resilience). Itsenäisyys on lähtöisin politiikasta ja keskittyy ulkoisiin uhkiin, kuten terroristi-iskuihin, epäluotettaviin toimittajiin ja liian voimakkaisiin ulkomaisiin energiayhtiöihin. Kaikki nämä uhat liittyvät tietoihin toimintoihin vastapuolen taholta. Kestävyys liittyy niin luonnontieteisiin kuin tekniikanalaan, missä energiaturvallisuuden uhat nähdään objektiivisina ja mihin liittyy kasvava energiankysyntä, resurssien niukkuus, vanhentuva infrastruktuuri, tekniset viat ja luonnonkatastrofit. Sietokyvyn määrittely on lähtöisin taloustieteistä, koska toimivien energiamarkkinoiden ja tehokkaiden pitkäaikaisten investointien perustamiseen tarvitaan taloudellista ajattelua. Sietokyvyn näkökulmasta ajateltuna tulevaisuus on tuntematon ja kontrolloimaton, sillä se on monimutkainen, epävarma ja energia on epäliineaarista. Näin ollen pyritään yleisten ominaisuuksien etsimiseen, kuten joustavuuden, mukautuvaisuuden ja diversiteetin, jotka varmistaisivat suojautumisen miltä tahansa tulevaisuuden shokilta niin tunnetulta kuin tuntemattomalta.

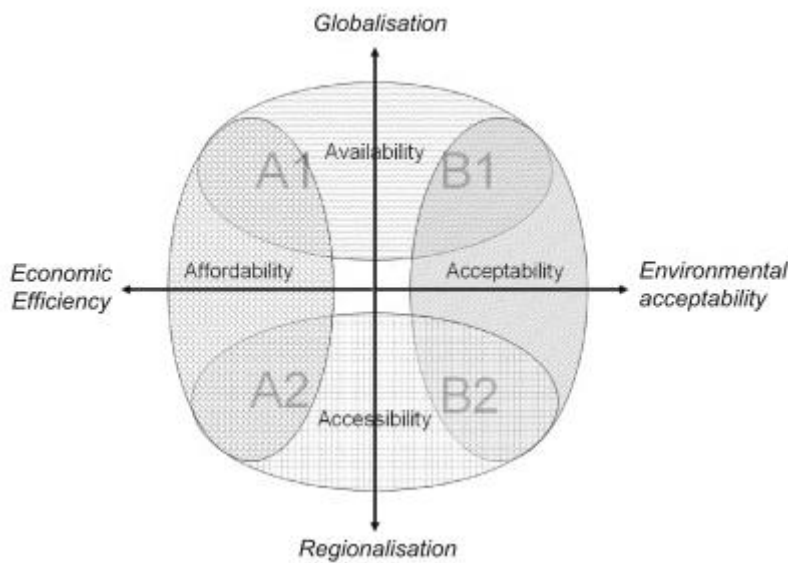
Grubb, Butler, & Twomey (2006) määrittivät energiaturvallisuuden *järjestelmien kyvyksi tarjota energiaa vastakseen talouden kysyntää tavalla ja hinnalla, joka ei häiritse talouden kulun suuntaa*. Energiaturvallisuuden epäonnistuminen voi sisältää nopeita hinnan nousuja, laadun heikkenemistä, tarjonnan katkoksia ja pitkäaikaisia häiriöitä tarjontaan. Energiaturvallisuus käsitteenä sisältää niin sisäiset kuin ulkoiset häiriöt (Ranjan & Hughes 2014), mitkä tulisi ottaa huomioon energiapolitiikassa ja teknologiassa, jotta energiaturvallisuutta voitaisiin ylläpitää ja kehittää.

Ideallisen energiaturvallisuuden voidaan sanoa olevan monien asioiden summa, joka koostuu synenergisestä konseptista ja useiden ulottuvuuksien vuorovaikutuksista. Sova-

coolin ja Mukherjeen (2011) tutkimuksessa määriteltiin energiaturvallisuudelle viisi pääulottuvuutta: saatavuus, edullisuus, teknologinen kehitys, kestävyys ja sääntely. Saatavuus käsittää riittävät energioresurssit, -varastot ja polttoaineet sekä kunnollisen infrastruktuurin muuttaa nämä reservit energiapalveluiksi. Edullisuus energiaturvallisuudessa tarkoittaa, että energia on tasapuolisesti saatavilla alimmilla mahdollisilla kustannuksilla ja kiintein hinnoin. Teknologinen kehitys sisältää konseptin, missä mukaudutaan ja toivutaan mahdollisista energiatarjonnan häiriöistä sekä kehitetään, huolletaan ja varmistetaan energia tarjonnan luotettavuus. Kestävyys viittaa energiaan liittyvien ongelmien minimoimiseen liittyen muun muassa metsien vähentymiseen ja globaaliin ilmastoon. Sääntely puolestaan sisältää oikeudelliset ja yhteiset energiapolitiikan muodot, kilpailun ja hyvän tiedonannon energiankuluttajille. Tutkimuksessa viisi näkökulmaa jaettiin vielä myös 20 komponentiksi ja kokonaisuudessaan heidän listan koostui 320 indikaattorista ja 52 yhtenäisestä indikaattorista, joita pystytään käyttämään analyyseihin, mittauksiin ja vertailuihin.

Asia Pacific Energy Research Centren (APERC 2007) tutkimus luonnehtii energiaturvallisuuden *talouden kyvyksi taata energioresurssien tarjonta kestäväällä ja ajankohtaisella tavalla, missä energian hinnat ovat tasolla, joka ei haittaa talouden suorituskykyä*. Heidän määritelmä energiaturvallisuudesta koostuu neljästä eri ulottuvuudesta (”4 A”-ta): saatavuus (availability), saavutettavuus (accessibility), edullisuus (affordability) ja hyväksyttävyys (acceptability). Kruyt, B., van Vuuren, D.P., de Vries, H. J. M. ja Groen-  
enberg, H. (2009) hyödynsivät tutkimuksessaan pitkäaikaisesta energiaturvallisuudesta näitä ulottuvuuksia, joiden pohjalta tarkasteltu tulevaisuuden maailmankehitys on riippuvainen mihin suuntaan ja millaiseksi globalisaatio kehittyy. Multilateraalinen, luottavainen, yhteistyökykyinen ja kansainvälinen järjestelmä mitä todennäköisimmin vähentää riskejä maiden välisistä riippuvuuksista ja huomio keskittyy riittävän tuotantokapasiteetin ylläpitämiseen globaalisti. Tässä maailmankuvassa geopoliittiset tekijät jäävät vähälle huomiolle ja huomio siirtyy fyysisen saatavuuteen sekä tuotantokuluihin. Vastakohtana tälle näkemykselle on kiristynvä kilpailu alueiden välillä, mikä puolestaan kasvattaa poliittisten esteiden määrä ja keskittymistä itsenäisyyteen energian suhteen. Tässä maailmankuvassa energiaturvallisuus keskittyisi nimenomaan saatavuuteen ja resursseihin.

Neljän ulottuvuuden malli synnyttää jännitteitä ympäristötavoitteiden ja edullisen energian tuottamisen välille. Kuvio 1 esittää neljä mahdollista skenaariota globaalin suuntautumisen mukaan. Skenaariossa A1 on korkea globalisaation aste ja keskittyminen taloudelliseen tehokkuuteen, mutta skenaariossa A2 globalisaatio vähäistä. Skenaario B1 käsittää korkean globalisaation asteen, missä huomio kohdistuu omaan pääomaan ja B2:ssa puolestaan on globalisaation aste pieni.



**Kuvio 1.** Energiaturvallisuuden spektri (Kruyt ym. 2009).

Cherp ja Jewell (2014) esittävät erilaisen konseptin energiaturvallisuudelle, missä energiaturvallisuus voidaan määritellä lyhyesti *elintärkeiden energiajärjestelmien alhaiseksi haavoittuvaisuudeksi*. Tutkimuksessaan he kyseenalaistavat neljän A:n konseptin ja kritisoivat sen olevan epätarkka. Heidän mukaansa neljän A:n määritelmä voidaan osoittaa epätarkaksi kolmen kysymyksen avulla, mihin määritelmä ei pysty antamaan selkeää vastausta. Energiaturvallisuutta määrittelevät kysymykset ovat turvallisuutta kenelle, turvallisuutta mille arvoille ja mitä uhkia vastaan? Cherp ym. määritelmän mukaan suojella voidaan esimerkiksi elintärkeitä energiajärjestelmiä, joiden voidaan ajatella olevan muun muassa energioresurssit, -teknologiat ja -infrastruktuuri. Haavoittuvaisuus on yhdistelmä

elintärkeisiin energiajärjestelmiin liittyviä riskejä ja systeemien kestävyyttä. Riskit liittyvät lyhyen aikavälin shokkeihin ja pitkäaikaisiin stresseihin sekä lisäksi on fyysisiä ja taloudellisia riskejä. Nykyaikainen energiaturvallisuus ottaa huomioon myös riskien lähteet, joita ovat erilaiset sosiaaliset tekijät ja ympäristötekijät. Kestävyyttä voidaan ajatella olevan tuotantokapasiteetit, varastot, toimintasuunnitelma hätätilanteen varalle sekä tarjonnan ja teknologian monipuolisuus.

Kuten Lucas, Frances ja Gonzalez (2016) kertovat, niin energiaturvallisuus on edelleen määrittelemättä tarkasti, sillä sen eri ulottuvuuksista ei ole päästy yhteisymmärrykseen. Lopullista päätöstä ei ole saatu siitä, että kuuluuko energiapolitiikkaan todella myös ympäristön ja talouden ulottuvuudet. Uusin keskusteluissa ollut energiaturvallisuuden ulottuvuus on sosiaalinen näkökulma, joka käsittäisi energiaköyhyyden ja loppuasiakkaiden suojelun.

Energiaturvallisuutta pystytään tarkastelemaan monista eri näkökulmista. Yhtä yhteistä määritelmää energiaturvallisuudelle on hankala löytää, koska se on enemmänkin riippuvainen siitä minkälaisia arvoja sen tarkastelija kantaa ja otetaanko esimerkiksi ympäristö huomioon tai mitä pidetään uhkana. Kuten Kruyt ym. 2009 spektri (kuvio 1) esittää, niin jos energiaturvallisuudessa pyritään yhteen tiettyyn suuntaan, niin tällöin siirrytään kauemmas toisesta ulottuvuudesta. Esimerkiksi energiaturvallisuuden pyrkiessä pelkästään taloudelliseen tehokkuuteen jäävät ympäristölliset arvot vähemmälle huomiolle. Selvää on kuitenkin se, että energian halutaan riittävän vähintään perustarpeisiin ja energiaturvallisuuteen kuuluu olennaisena osa myös sellainen hinta, joka tukee talouden kehitystä.



### 3. EUROOPAN UNIONIN ENERGIAPOLITIikka

Kappaleessa käsitellään Euroopan unionin energiapolitiikkaa sen tavoitteiden ja strategian kautta. Tutkielmassa tarkastellaan myös EU:n energiapolitiikkaa, sillä sen toimet ulottuvat myös Suomen päätöksiin liittyen energiaturvallisuuteen. Kananen (2015:197) kertoo nykyisen Ukrainan kriisin aiheuttaneen paineita EU:lle tehostaa energiaomavaraisuuden lisäämistä ja tuontiriippuvuuden vähentämistä erityisesti Venäjältä. Euroopan unionin julkaisemat puitteet ja toimeenpanemat direktiivit energiaan liittyen vaikuttavat sen kaikkiin jäsen maihin. EU:n panostus ilmastonmuutoksen hidastamiseen näkyy sen energiaturvallisuuden strategisissa suunnitelmissa ja näin ollen ilmastonmuutos käsitellään myös lyhyesti kappaleen lopussa.

Euroopan komission (2014) mukaan Euroopan unionin jäsenmaat eivät ole joutuneet kärsimään energian toimintahäiriöistä ennen vuosia 2006 ja 2009, milloin osa Itä-Euroopan jäsenvaltioista koki kaasutoimituksissaan väliaikaisia ongelmia. Euroopan unioni havahdutti energiakatkoista yhteisen energiapolitiikan tarpeeseen. EU:n tämän hetken lyhyen aikavälin tavoite energiapolitiikassaan on varmistaa sietokyky epävarmuuksille ja pitkän aikavälintavoite puolestaan on vähentää riippuvuutta tietyistä polttoaineista, energian toimittajista ja kuljetusreiteistä. Euroopan unioni tuo 53 prosenttia, mistä riippuvuus raakaöljystä on lähes 90 prosenttia, maakaasusta 66 prosenttia, kiinteistä polttoaineista 42 prosenttia ja ydinpolttoaineista 40 prosenttia. Energiaturvallisuus koskettaa kaikki Euroopan unionin maita, mutta erityisesti Baltian maat ja Itä-Eurooppa ovat heikommassa asemassa. Euroopan unionin energiantuonti on yli viides osa sen kokonaistuonnista, ja raakaöljystä ja öljytuotteista kolmasosa tulee Venäjältä.

Komission julkaiseman 2006 vihreän kirjan pääpainopisteet olivat Euroopan strategia kestävästä, kilpailukykyisestä ja varmasta energiahuollosta. Sen sisältö koostui energian huoltovarmuudesta, energiaverkkojen toimintavarmuudesta sekä sähkön ja kaasun sisämarkkinoiden luomisesta, sillä EU:n kasvava riippuvuus tuontiraakaöljystä ja -maakaasusta sekä ilmastonmuutos aiheuttivat huolta. (Kananen 2015: 195.)

Vuonna 2009 Venäjä-Ukraina kriisin jälkeen Euroopan unioni otti käyttöön direktiivin 2009/119/EC, joka vaatii sen jäsenvaltioita ylläpitämään reservejä raakaöljystä ja polttoaineista. Näiden reservien avulla estetään ja lievennetään hetkittäiset tarjonnanhäiriöt. Vuonna 2010 toteutettiin strategia ”Energia 2020 – Strategia kilpailukykyisen, kestävän ja varman energiasaanninturvaamiseksi”, mikä esitteli prioriteetit energian suhteen 10 vuodeksi ja josta seurasi myös vuoden 2030 ja 2050 strategiat, joiden painopisteet ovat ilmasto- ja energiapolitiikassa sekä Euroopan unionin kasvihuonekaasujen vähentäminen 80-95 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Euroopan komission tiedonanto vuonna 2011 ”EU:n energiapolitiikka: yhteistyö rajanaapureiden kanssa” tähtäsi energian toimitusvarmuuteen ja kansainväliseen yhteistyöhön. Vuonna 2014 julkaistu Energiaturvallisuusstrategia oli vastaus huoliin koskien Euroopan unionin korkeaa riippuvuutta energiantuonnista. (Eurostat 2016.)

Euroopan komission (2016b) mukaan Euroopan unionin energiapolitiikan kolme päätavoitetta ovat (1) turvata luotettava energiansaanti milloin ja missä tahansa, (2) tarjota kilpailullinen ympäristö energiantarjoajille ja näin ollen edulliset hinnat niiden asiakkaille, sekä (3) kuluttaa kestävästi alentaen kasvihuonepäästöjä, saasteita ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Nämä tavoitteet saavuttaakseen Euroopan unioni on ottanut joukon erilaisia linjauksia, joissa otetaan huomioon EU:n merkittävimmät energiaan liittyvät haasteet, kuten korkea energian tuonnin määrä, kasvava energiankysyntä ja uusiutumattomien energiavarantojen väheneminen, mikä kasvattaa energianhintoja. Lisäksi EU haluaa antaa panoksensa estääkseen maapallon lämpenemistä ja saastumista.

Euroopan komission (2015b) julkaisemassa energiaunionipaketissa määritellään energiaunionin tavoitteet ja konkreettiset toimet sen saavuttamiseksi, missä Euroopan unionin ilmastopolitiikka on keskiössä. Energiaunionin visiona on, että jäsenmaat muodostavat toisistaan riippuvan verkoston, jolla on yhteinen linja kansainvälisissä asioissa. Energiaunioni perustuu kolmeen Euroopan unionin pitkäaikavälin energiapolitiikan päämääriin, joita ovat toimitusvarmuus, kestävyys ja kilpailukyky. Nämä päämäärät saavuttaakseen energiaunioni sisältää viisi ulottuvuutta, jotka ovat toisiaan tukevia: energiaturvallisuus, solidaarisuus ja luottamus, sisäiset energiamarkkinat, energiatehokkuus, vähähiilisempi talous sekä tutkimus, innovaatio ja kilpailukyky. Kaikki viisi ulottuvuutta vaativat

enemmän integraatiota ja yhteistyötä. *Energiaunioni* perustettiin vastaamaan Euroopan energiajärjestelmän tarpeisiin, jotta turvallinen, kestävä, kannattava ja kilpailullinen energia voitaisiin tarjota kaikille kansalaisille. Energiaunioni saatiin alulle 2030 ilmasto- ja energian puitesopimuksen ja vuoden 2014 Euroopan energiaturvallisuus strategian myötä. Euroopan unioni tuo 53 prosenttia sen kuluttamasta energiasta ja osa maista on täysin riippuvaisia kaasusta yhdeltä toimittajalta, joten energian diversiteetti ja uusien energian lähteiden löytäminen ovat tärkeitä energiaturvallisuuden parantamiseksi. Energian diversiteettiä voidaan kehittää etsimällä uusia polttoaineiden tarjoajia, teknologian ja sisäisten energiaressurssien kehityksen avulla.

### 3.1. Strategia

Euroopan komission (2014) julkaisemassa Euroopan energiavarmuusstrategiassa (European Energy Security Strategy, EESS) on kahdeksan peruspilaria:

1. Välittömät toimet, joiden tarkoituksena on lisätä EU:n valmiuksia selviytyä merkittävästä toimitushäiriöstä talvella 2014–2015;
2. Valmius- ja yhteisvastuumekanismien vahvistaminen, muun muassa riskiarviointien ja valmiussuunnitelmien koordinointi, sekä strategisen infrastruktuurin suojaaminen;
3. Energian kysynnän hillitseminen;
4. Hyvin toimivien ja täysin yhdenmukaisien sisämarkkinoiden luominen;
5. Energiantuotannon lisääminen Euroopan unionissa;
6. Energiateknologioiden kehittäminen;
7. Ulkoisten toimitusten ja niihin liittyvän infrastruktuurin monipuolistaminen;
8. Kansallisten energiapoliittisten toimintalinjojen koordinoinnin parantaminen ja yhdellä äänellä puhuminen ulkoisessa energiapolitiikassa.

Euroopan energiavarmuusstrategian ensimmäinen kohta viittaa Ukrainan tapahtumiin ja missä polttopiste oli niissä Euroopan unionin jäsenvaltioissa, jotka olivat täysin riippuvaisia yhdestä ainoasta kaasuntoimittajasta. Erityishuomio siirtyi varastointikapasiteetin

lisäämiseen, toimitusvarmuussuunnitelmien kehittämiseen alueellisesti ja nesteytetyn maakaasun hyödyntäminen laajemmin. Strategian kohta kaksi (2) pyrkii kasvattamaan sietokykyä äkillisille häiriöille muun muassa ylläpitämällä öljyvarastoja jäsenvaltioissa, yhteistyön kasvattaminen kaasuntoimituksiin ja tiedonvaihtoon liittyen. Infrastruktuuria täytyy suojata niin fyysisesti kuin myös enenemissä määrin tietoturvariskeiltä sekä varmistaa EU:n lainsäädäntö ulkoisten omistajuuksien suhteen. Kohtaan kaksi sisältyy myös jäsenvaltioiden yhteisvastuu heikomman tukemisessa energiansaannin suhteen. Strategian kohta kolme (3) pyrkii energiatehokkuuteen, minkä painopiste keskitetään tiettyihin aloihin, kuten rakennus- ja teollisuusalaan. Lisäksi yksityisellä sektorilla on keskeinen rooli, mitä Euroopan rakenne- ja investointirahastot (ERI) tukevat sijoittamalla vähähilisen talouden investoinneilla.

Sähkön ja kaasun sisämarkkinoiden toiminnan parantaminen, keskeisten rajajohtojen ja yhdysputkien rakentamisen vauhdittaminen sekä Euroopan öljymarkkinat ovat strategian neljä (4) pääkohtia Euroopan energiavarmuusstrategiassa, jotta energiavarmuus ja energian kustannustehokkuus saadaan taattua. Sisämarkkinoiden toimintaa pyritään parantamaan investoinneilla infrastruktuuriin, esimerkiksi Itämeren alueen LNG-terminaalilla, EU:n säädöksillä ja koordinoidulla tavalla. Strategian kohta viisi (5) energiantuotannon lisääminen Euroopan unionissa viittaa riippuvuuden vähentämiseen yksittäisistä toimitajista ja polttoaineista, missä uusiutuvan energian käyttöä halutaan kasvattaa. Energiateknologioiden kehittäminen (6) on tärkeää, jotta primäärienergian kysyntää voidaan vähentää, toimitusvarmuutta kasvatettaisiin ja energiankäyttö optimoitaisiin. Tämä tarkoittaa huomattavia investointitarpeita tutkimukseen ja innovointiin. Strategian kohta seitsemän (7) keskittyy erityisesti kaasun tuonnin monipuolistumiseen tuottajien ja varojen suhteen sekä uraanin ja ydinpolttoaineen turvallisuuskysymyksiin liittyen direktiiveihin, valvontaan ja tietouteen. Venäjä on ydinpolttoaineentuotannon kilpailija, joten monipuolinen valikoima polttoaineen suhteen on tärkeää uusia EU:n ulkopuolista teknologiaa käyttävissä ydinvoimaloissa. Strategian kohta kahdeksan (8) sisältää sisäisen energiaunionin ja ulkoisten energiaverkostojen luomisen strategisten kumppaneiden kanssa.

Vuonna 2014 julkaistuun energiastrategiaan liittyen järjestettiin lyhyen aikavälin mittarina stressitesti 38:lle Euroopan valtiolle, mikä sisälsi kaikki EU:n jäsenvaltiot. Stressitestiin kuului kaksi skenaariota energiantarjonnan häiriöistä, jotka olivat kestoltaan yhden periodin tai kuusi kuukautta. Skenaarioihin kuului Venäjän kaasuntoimituksen täydellinen seisahtus ja Venäjän kaasuntoimituksen häiriöt Ukrainan kulkureitissä. Stressitestin tuloksina todettiin, että skenaarioilla olisi merkittävät vaikutuksen Euroopan Unioniin, nimenomaan sen itäisiin osiin, ja jos kaikki maat toimisivat yhdessä, niin olisi mahdollista selviytyä jopa kuuden kuukauden kaasuntarjonnan häiriöistä. Energiastrategian pitkäaikaisiin mittareihin lukeutuu energiatehokkuuden kasvattaminen, EU:n sisäisen tuotannon kasvattaminen ja ulkoisten toimittajien monipuolistaminen, sisäisten markkinoiden vahvistaminen, yhdellä äänellä puhuminen ulkoisessa energiapolitiikassa ja hätätilanne- ja solidaarisuus mekanismien kehittäminen. (Euroopan komissio 2016c.)

### 3.2. Ilmastomuutos ja uusiutuvat energianmuodot

Ihmisten toiminnasta johtuvat hiilidioksidipäästöt (CO<sub>2</sub>) johtuvat ensisijaisesti fossiilisista polttoaineista, mikä on asettanut energiankulutuksen keskiöön keskusteltaessa ilmastomuutoksesta. Eniten ilmaston muuttumiseen vaikuttaa tällä hetkellä ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvu, mikä kytkeytyy teollisten maiden elämäntapoihin ja kehitysmaiden elintason kasvamiseen (Lyytimäki & Hakala 2008: 87). Hiilidioksidipäästöjen on laskettu kasvavan vuoden 2012 32,3 miljardista tonnista 35,6 miljardiin tonniin vuonna 2020 ja 43,2 miljardiin tonniin vuonna 2040. Suurimman osa näistä päästöistä tuottaa OECD maiden ulkopuoliset kehittyvät maat, joiden talous nojaa enimmäkseen fossiilisiin polttoaineisiin turvatakseen kasvavan talouden energian kysynnän. Yhdysvallat ja Kiina käsittävät noin 40 prosenttia koko maailman hiilidioksidipäästöistä vuoden 2012 laskelmien mukaan, ja maat olivat mukana tekemässä Pariisin ilmastopöytäkirjaa vuonna 2015. (U.S. Energy Information Administration 2016: 139-140.)

Euroopan komission (2016a) mukaan energiantuotanto ja -käyttö, mukaan lukien kuljetukset, käsittää 80 prosenttia EU:n kasvihuonekaasuista, joten ilmastomuutosta ehkäistäkseen EU:n yksi päätavoitteista on vähentää hiilidioksidipäästöjä. Tavoitteena on laskea

päästöjen määrää 80-95 prosenttia vuoden 1990 tasolta vuoteen 2050 mennessä. Euroopan unionin 2020 strategiassa pääpaino on energiatehokkuudessa, jonka avulla voidaan parantaa Euroopan talouden kilpailukykyä ja energiaturvallisuutta. Kansainvälisesti EU on johtavassa asemassa uusiutuvien energian lähteiden käytössä. Vuoden 2020 ilmasto- ja energiapaketissa tavoitteina ovat 20 prosentin vähennys kasvihuonekaasuista, energiantuotannosta 20 prosenttia olisi tuotettu uusiutuvista lähteistä ja 20 prosentin kasvu energiatehokkuudessa. Tavoitteet saavuttaakseen EU on ottanut käyttöön erilaisia käytäntöjä, kuten asettanut direktiivi 2009/28/EY:n, mikä edistää uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa energian käyttöä. Lisäksi käyttöön on otettu erilaisia energiatehokkuuden mittareita ja uusiutuvia energialähteitä koskeva etenemissuunnitelma. Euroopan unionin päästökauppasysteemi kuuluu pääkeinoihin vastustaa ilmastonmuutosta.

Työ- ja elinkeinoministeriö (2017b:20-21) kertoo Euroopan unionin ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteiden ja toimenpiteiden vaikuttavan vahvasti myös Suomeen ja näin ollen niiden ohjaavan myös Suomen ilmasto- ja energiapolitiikkaa valmisteluita ja toimeenpanoja. Suomelle asetettiin BKT-perusteisesti velvoite vähentää päästöjä 16 prosenttia ei-päästökauppasektorilla ja lisäksi sen tulisi nostaa uusiutuvien energialähteiden määrä energianloppukulutuksesta 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteena on myös, että Suomen energiakulutusta vähennettäisiin 20 prosenttia parantamalla energiatehokkuutta vuoteen 2020 mennessä. 2030 ilmasto- ja energiapaketissa asetettiin sitova tavoite uusiutuville energialähteille, ohjeellinen tavoite energiatehokkuudelle ja kasvihuonekaasujen vähentämiselle 40 prosentin tavoite verrattuna vuoteen 1990, missä huomioidaan erityisesti liikennesektorin päästövähennyspotentialiaali Suomen biopolttoaine markkinoiden takaamiseksi.

Euroopan unionin päästökauppadirektiivi säätää päästökauppajärjestelmästä, joka on toiminut vuodesta 2005 alkaen ja koskee EU:n jäsenvaltioita sekä Islantia, Liechtensteinia ja Norjaa. Sen soveltamisalaan kuuluvat suuret teollisuuslaitokset, yli 20 MW:n energiantuotantolaitokset ja lentoliikenne vuodesta 2012 alkaen. Toimialoille on määritelty yhteinen päästökatto, joka alenee lineaarisesti vuosittain, kunnes 2020 on saavutettu 21 pro-

sentin päästövähennys verrattuna vuoteen 2005. Komissio on ehdottanut muutoksia päästökauppadirektiiviin erityisesti koskien ilmaisjakoa ja hiilivuodon torjuntaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 22.)

Lucas ym. (2016) tutkimuksen keskiössä on pitkänajan suhde energiaturvallisuuden ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöönoton välillä. Heidän tutkimusten tulokset esittävät, että energiaturvallisuuden käytäntöjen ja uusiutuvien energian lähteiden käyttöönoton suhde ei ole suoraviivaista, vaan riippuvainen valitusta energiaturvallisuuden strategiasta, joka puolestaan on yhteydessä siihen, miten energiaturvallisuus on käsitetty. Heidän tarkoituksenaan oli tunnistaa energiaturvallisuuden strategiat, jotka tukevat uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämistä Euroopan unionissa. Tarkasteltaessa energiaturvallisuutta ja uusiutuvia energiamuotoja suvereniteetin näkökulmasta, missä energia on kottimaista ja keskittynyttä, niin uusiutuvat energiamuodot ovat vähemmän haavoittuvaisia politiikalle tai fyysisille iskuille. Uusiutuva energia toisi myös kestävyyttä systeemeihin pienten energialaitosten vuoksi, jos yhdessä tuotantolaitoksessa ilmenisi ongelmia, mutta toisaalta tarvittaisiin varakapasiteettia uusiutuvan energian epäsäännöllisen tuottavuuden vuoksi. Lisäksi uusiutuva energia voisi kasvattaa joustavuutta ennustamattomien tapahtumien yhteydessä, kuten esimerkiksi teknologian, ilmaston tai markkinoiden muutosten tapauksissa. Yhteenvedon tutkimuksessa todettiin, että uusiutuvilla energiamuodoilla on suuri potentiaali kasvattaa energiaturvallisuutta sisältäen positiivisia ulkoishaittoja, ja vaikka uusiutuvien energiamuotojen ajatellaan yleisesti olevan osa ympäristön kestävyysedistämistä, niin on se olennaisesti osa myös energiaturvallisuutta. Lucas ym. (2016) esittävät tutkimuksessaan, että saavuttaakseen yhtenevän linjan energiaturvallisuudessa ja uusiutuvan energian edistämisessä tulisi Euroopan energiaturvallisuuspuitteiden ottaa paremmin huomioon energian tuonnin itsenäisyyden sijaan energian diversiteetti mukaan lukien uusiutuvan energian lisääminen.

## 4. ENERGIANKULUTUS JA -TUOTANTO SUOMESSA

Kappaleen tarkoitus on, että Suomen energiaturvallisuuden historia ja nykyinen kansallinen energia- ja ilmastostrategia voitaisiin ymmärtää syvällisemmin seuraavassa kappaleessa. Tämän kappaleen alussa esitellään, miten Suomen energiantuotanto on muuttunut ajan myötä ja miten se on jakautunut energialähteittäin. Kappaleessa perehdytään Suomen energiankulutukseen ja -tuotantoon käsittelemällä energiankulutus uusiutumattomien ja uusiutuvien energialähteiden kautta energian kokonaiskulutuksessa. Vuosikymmenien saatossa niin tekniikka kuin energiastrategiat ovat muuttuneet, mikä heijastuu myös energiatilastoissa. Kappaleessa esitellään lyhyesti myös Suomen sähkömarkkinat, koska siirrymme koko ajan enemmän digitaalisiin palveluihin ja modernin elämän ylläpitämiseksi sähkö on välttämätöntä. Lisäksi tässä kappaleessa esitellään eri energianlähteet jaoteltuna uusiutuviin ja uusiutumattomiin energianlähteisiin sekä niiden merkitystä ja tuotantoa Suomen taloudessa.

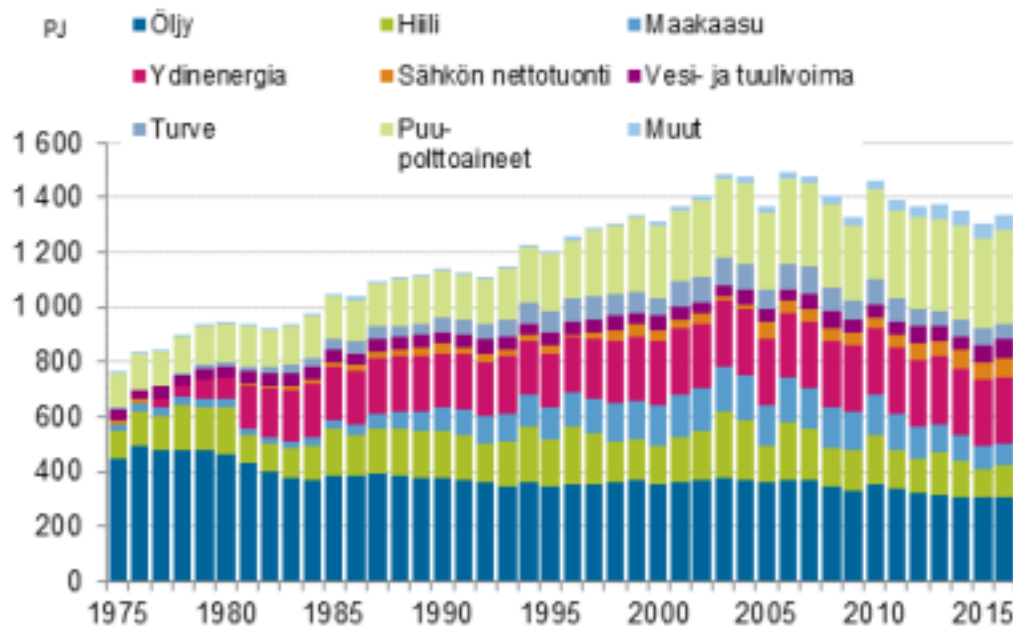
### 4.1. Energiamarkkinat

Suurin osa Suomen metsistä hyödynnettiin polttopuuna itsenäistymisvuonna 1917, mutta puunenergiahakkuu alkoi nopeasti vähentyä ja vasta toisen maailman sodan jälkeen metsäteollisuus alkoi jälleen kasvaa. Nykyään puuta hyödynnetään lähinnä metsäteollisuuden raaka-aineena, mutta polttoaineena se on edelleen tärkeää. Puuperäistä energiaa saadaan teollisuuden jäämistä ja massateollisuuden jäteliemistä, joihin ovat kannustaneet taloudelliset ja ympäristölliset tavoitteet. 1960-luvulla suurin osa sähköstä tuotettiin vesivoimalla ja fossiilisia polttoaineita aloitettiin käyttämään. Öljyä käytettiin autoihin, lämmitykseen ja jopa voimalaitosten sähköntuotantoon, ja näin ollen vuodesta 1960 vuoteen 1973 öljynkulutus oli viisinkertaistunut. Kodeissa puulämmityksen vaihdettiin öljykamiinoin, joten kotimainen energia vaihtui tuontienergiaan. Suomessa hiili ja öljy olivat ensimmäiset lämpövoiman lähteet, joiden lisäksi tuli turve, maakaasu ja 1970-luvulla ydinvoima. Öljykriisi 1973 herätti maailman kehittämään uusia vaihtoehtoja energian säästämiseksi ja Suomessa turve otettiin laajamittaisesti käyttöön, vaikkakin sen kasvihuonepäästöt kuuluvat fossiilisten polttoaineiden luokkaan. Suomeen avattiin kaasuputki



Neuvostoliitosta vuonna 1974 sähkön ja lämmön tuotantoon. Sähkön käyttö on kasvanut eniten maailmansotien välisenä aika ja sen käyttö kasvaa edelleen, sillä energiasta suurin osa kulutetaan sähköä. Vasta 1970-luvulla on tuotettu Suomen ensimmäiset energiati-lastot. (Tilastokeskus 2007.)

Tilastotieteen (2017) julkaisemasta kuvioista 2 nähdään, miten fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähentynyt ajan myötä energian kokonaiskulutuksessa vuosien 1975 ja 2016 välillä. Lisäksi kuvioista voidaan nähdä, että uusiutuvien polttoaineiden määrä on lisääntynyt, kuten esimerkiksi puupolttoaineiden ja vesi- ja tuulivoiman. Energian kokonaiskulutus lasketaan lisäämällä energiantuotantoon ja jalostukseen käytetyt polttoaineet loppukulutuksen käytettyyn energiaan. Kuvion tiedot on esitetty petajouleina.

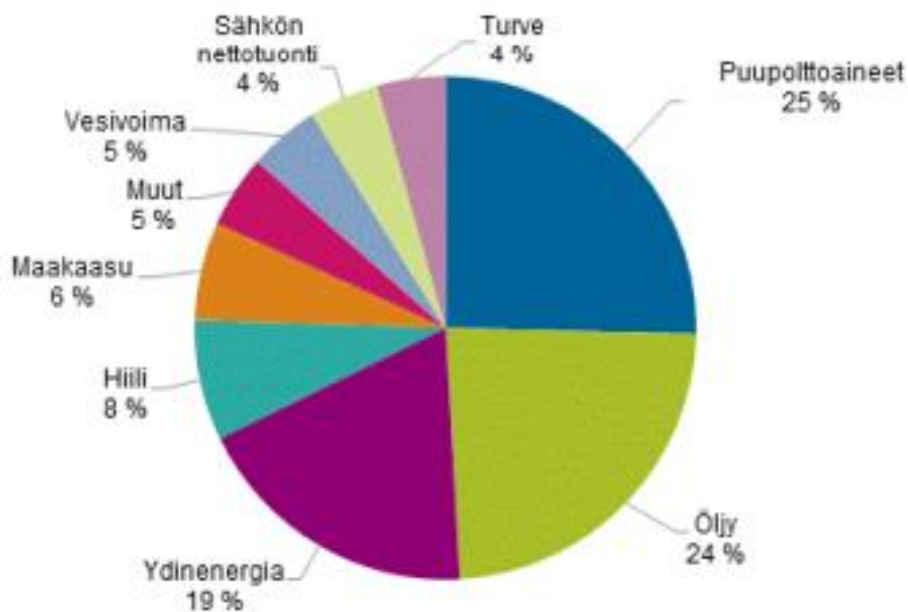


**Kuvio 2.** Suomen energian kokonaiskulutus (Tilastokeskus 2017).

Tilastokeskuksen (2016) julkaisun mukaan vuonna 2015 Suomen energian kokonaiskulutus oli 1,30 miljoona terajoulea, missä uusiutuvia energia lähteitä käytettiin kaksi pro-

senttia enemmän ja fossiilisia polttoaineita puolestaan 8 prosenttia vähemmän. Puupolttoaineet pysyivät edelleen suosituimpina energialähteinä, vaikka niiden käyttö vähentyikin kaksi prosenttia edellisvuodesta.

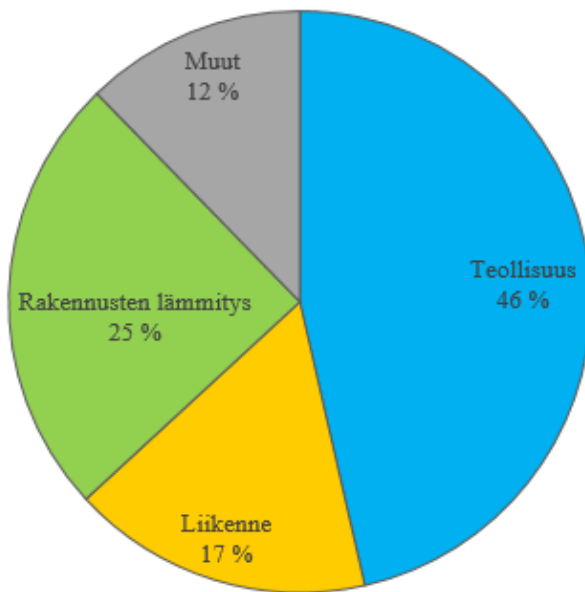
Kuvio 3 havainnollistaa Suomen energian kokonaiskulutuksen jakauman vuonna 2015. Tilastokeskuksen mukaan uusiutuvan energian kokonaismäärä oli 35 prosenttia. Puupolttoaineet ovat suurin energiaryhmä käsittäen 25 prosenttia kokonaiskulutuksessa ja toiseksi suurin on öljy, joka on 24 prosenttia. Suomi sai 19 prosenttia kokonaisenergiastaan ydinvoimasta vuonna 2015 ja 8 prosenttia hiilestä, mikä laski edellisvuoteen verrattuna 20 prosenttia ja eniten kaikista ryhmistä. Puuta käytetään Suomessa eniten kaikista uusiutuvista polttoainesta ja sitä saadaan erityisesti metsäteollisuuden sivutuotteena (Lyytimäki ym. 2008: 245).



**Kuvio 3.** Energian kokonaiskulutus vuonna 2015 (Tilastokeskus 2016).

Suomessa melkein kaikki energiantuotantoa ja -kulutusta kuvaavat tilastot osoittavat kasvua ja energian kulutus onkin kasvanut talouskasvua seuraten. Suurin osa Euroopan

maista on onnistunut hillitsemään energiankäyttöään paremmin kuin Suomi, mutta toisaalta suuri energiankulutus johtuu Suomen tuotannon rakenteesta, joka on keskittynyt teollisuuteen. Kuvio 4 käy ilmi Suomen energiankokonaiskulutus sektoreittain, mistä voidaan nähdä, että teollisuus käyttää suurimman osan eli 47 prosenttia energian kokonaiskulutuksesta. Valtion energiapolitiikka on edelleen se, että teollisuus saa kotitalouksia halvemmalla sähköä ja useimpien muidenkin maiden valtiot tukevat energiantuotantoa. Korkeaan energiankulutukseen liittyy myös Suomen pohjoinen sijainti, koska talvisin ulko- ja sisälämpötilan ero on huomattava. Näin ollen rakennusten lämmitykseen kuluu jopa 25 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta ja toiseksi eniten kaikista sektoreista (kuvio 4). Lisäksi harvaan asutussa maassa liikkumiseen ja kuljetuksiin vaaditaan paljon energiaa. Noin kaksi kolmasosaa Suomessa käytetystä energiasta on ulkomaista tuontienergiaa. (Lyytimäki ym. 2008:239-242.)

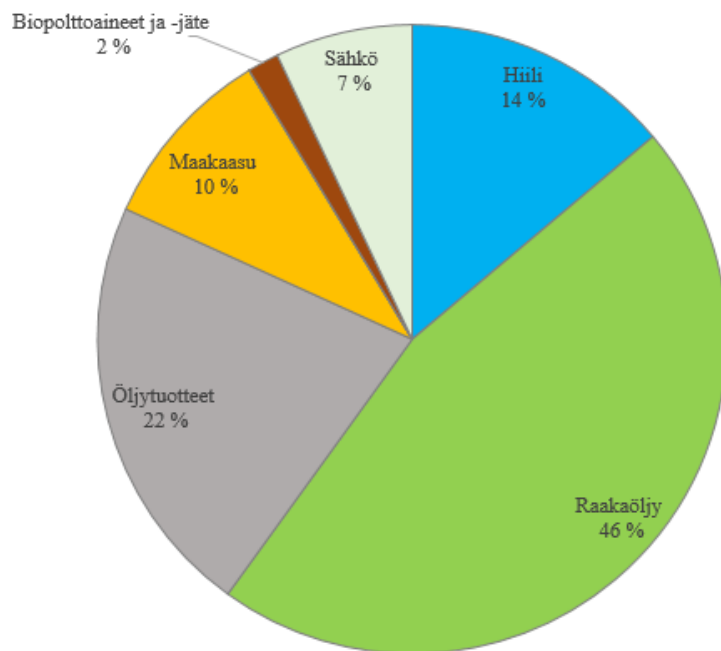


**Kuvio 4.** Energian loppukäyttö sektoreittain vuonna 2015 (Tilastokeskus 2017).

Euroopan unionin maiden välisissä tilastoissa Suomen energiankulutus asukasta kohden on toiseksi korkein ja energiankulutus on keskiarvoihin verrattuna kaksinkertainen. Suomen pohjoinen sijainti ja teollisuuden tuotantorakenne selittävät tätä suurelta osin, sillä energiaintensiiviset massa- ja paperiteollisuus, metalli- ja kemianteollisuus ovat talouden

kannalta merkittäviä. Lisäksi Suomessa on pitkät etäisyydet ja teollisuus on hajautunut maan eri osiin, mikä puolestaan lisää liikenteen energiankulutusta. (Metla 2013.)

OECD/IEA:n (2017) ilmoitettujen lukujen avulla rakennettu kuvio 5 kertoo Suomen energian tuonnin energialähteittäin. Yhteensä primäärienergiaa tuotiin 26360 öljykvivalenttia (ktoe). Vuoden 2014 tilastojen mukaan Suomeen tuotiin eniten raakaöljyä, mikä oli yhteen 46 prosenttia kokonaistuonnista ja sisältää siis raakaöljyn, NLG:n, jalostamoiden raaka-aineet, lisäaineet ja muut hiilivedyt. Öljytuotteita tuotiin 22 prosenttia ja hiiltä 14 prosenttia kokonaiskulutuksesta. Myös maakaasua (9 %), sähköä (7 %) ja biopolttoaineita (2%) tuotiin ulkomailta vuonna 2014. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2014 tuotiin yhteensä noin 12 miljardin euron edestä energiatuotteita.



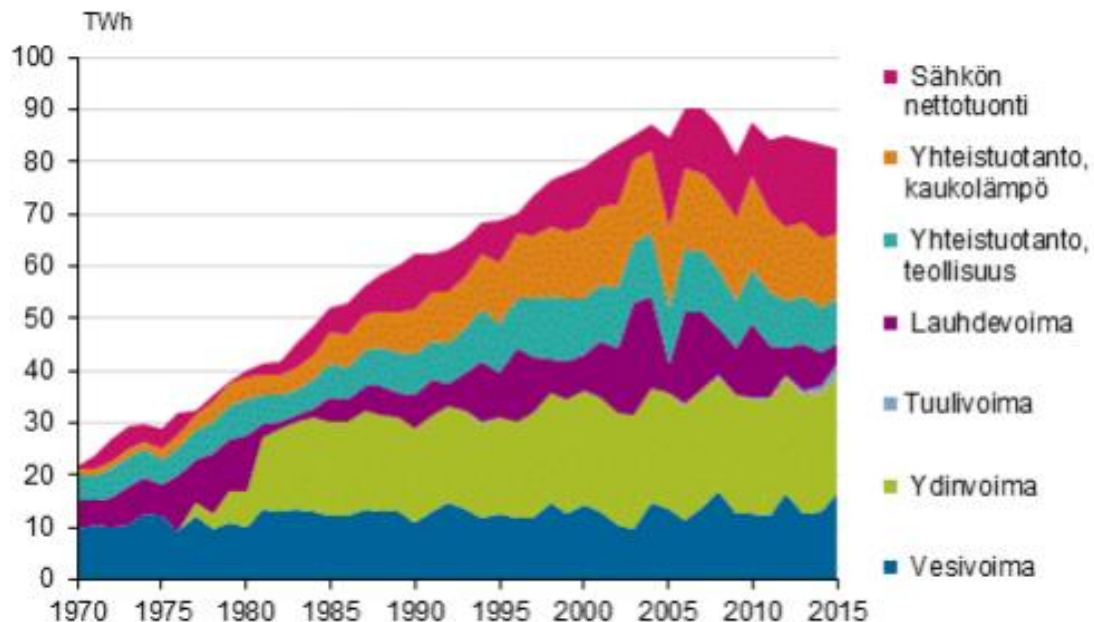
**Kuvio 5.** Suomen energiantuonti energialähteittäin vuonna 2014 (OECD/IEA 2017).

Suomi on erityisen riippuvainen fossiilisista polttoainesta, sillä maaperästä ei löydy ol- lenkaan öljy-, maakaasu- tai hiiliesiintymiä. Suomella on sähkön yhteistuotantoa muiden

pohjoismaiden kanssa, koska tämän hetkinen kotimainen sähköntuotanto ei riitä kattamaan kokonaiskulutusta. Seuraavaksi esitellään Suomen sähkömarkkinat lyhyesti, sillä tänä päivänä ne ovat merkittävä osa energiankulutuksesta johtuen palvelujen ja tuotteiden sähköistymisestä sekä yleisesti globaalista digitalisoitumisesta.

#### 4.2. Sähkömarkkinat

Kuviossa 6 esitetään Suomen sähkönkulutus energialähteiden suhteen vuosien 1970 ja 2015 välillä terawatteina. Vesivoiman käyttö on pysynyt tasaisena vuosien ajan johtuen, että Suomeen ei ole juurikaan rakennut uusia voimaloita. Huomattavammin on kasvanut sähkön nettotuonti sekä tuulivoima, joka on tosin vain pieni osa sähkön kokonaiskulutusta. Lauhdevoiman käyttö on vähentynyt, kun taas kaukolämmön ja teollisuuden yhteistuotannot ovat pysyneet vakaana. Lauhdelaitoksissa on perinteisesti käytetty hiiltä ja niitä on käytetty sähköpiikkien aikaan talvella. Sähkön kulutus on ollut laskevassa trendissä 2008 kriisin jälkeen.



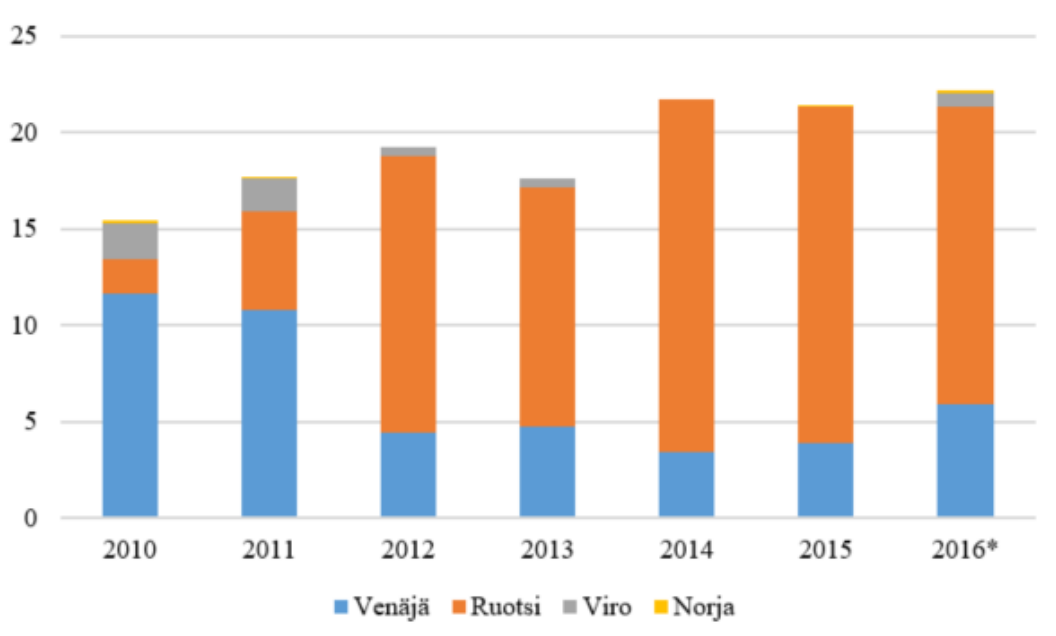
**Kuvio 6.** Suomen sähkönkulutus vuosina 1970-2015 (Tilastokeskus 2016).

Lyytimäki ym. (2008: 243) kertoo, että Suomen sähköntuotanto hyödyntää paljon vesi- ja ydinvoimaa sekä puuta, joten energiantuotannon määrään suhteutettuna Suomi tuottaa vähemmän kasvihuonepäästöjä sähköntuotannossaan kuin useammat muut Euroopan unionin maat. Polttoprosessia tai ydinreaktoreita hyödyntävä sähköntuotanto keittää veden höyryksi, jolla pyöritetään sähköä tuottavia turbiineja. Näissä vastapainevoimaloissa höyry lauhdutetaan vedeksi ja siirretään vetenä kaukolämpöputkiin ja näin noin puolet polttoaineesta hyödynnetään lämpönä ja neljännes sähkönä.

Vuonna 1995 voimaan tuli sähkömarkkinalaki, joka avasi markkinat kilpailulle. Tällä hetkellä Suomessa toimii 75 vähittäismyyjää, missä myös kuluttajien oma sähköntuotanto ja myynti on sallittua. Suomi kuuluu pohjoismaisiin tukkusähkömarkkinoihin, mistä 70 prosenttia käydään Oslon sähköpörssin kautta. Kilpailun avautuminen on edistänyt ympäristöhyötyjä mahdollistaen myös vesivoiman tehokkaan käytön sähkön tuottamisessa. Myös Euroopan unionin sisällä pyritään tehokkaiden sähkön sisämarkkinoiden luomiseen. Uusiutuvia energianlähteitä tuetaan syöttötariffilla, jolloin sähkön tuottajalle maksetaan enintään 12 vuoden ajan kolmen kuukauden tai päästöoikeuden markkinahinnan mukaan muuttuvaa tuotantotukea, mikä on annettu laissa (1396/2010). (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017a.)

Tällä hetkellä Suomen oma sähköntuotantokapasiteetti ei pysty vastaamaan huippukulutukseen ja tuontia mutkistaa Ruotsin suunnitelmat ydinvoimaloiden sulkemisesta, mutta sähkön tarve tulee kyllä tulevaisuudessa kasvamaan, sillä sähköistyvä liikenne ja työkooneet ovat kehittymässä enenemissä määrin (Roadmap 2025 –hankkeen loppuraportti 2015:4). Teollisuuden Voiman Olkiluoto 3- yksikön on laskettu parantavan Suomen sähköntuotannon omavaraisuutta ja lisäksi suunnitellaan Fennovoiman ydinvoimalalaitosta, jonka rakennuslupa arvioidaan vuoden 2018 aikana. Toisaalta sähkönsisämarkkinat ovat kehittymässä hajautetummaksi, missä vaihtelevien tuuli- ja aurinkovoiman määrä kasvaa. Tämä puolestaan edellyttää tuotannon ja sähkönkulutuksen joustavuutta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b:71.)

Kuviossa 7 esitetään Suomen tuodun sähkön maajakauma, jossa vuoden 2016 tulos perustuu ennakkotilastoihin. Sähkön kulutus Suomessa on kasvamassa ja sen tarjonnan taakamiseksi tarvitaan myös tuontisähköä, josta suurin osa (17,4 TWh) tuodaan tällä hetkellä Ruotsista.



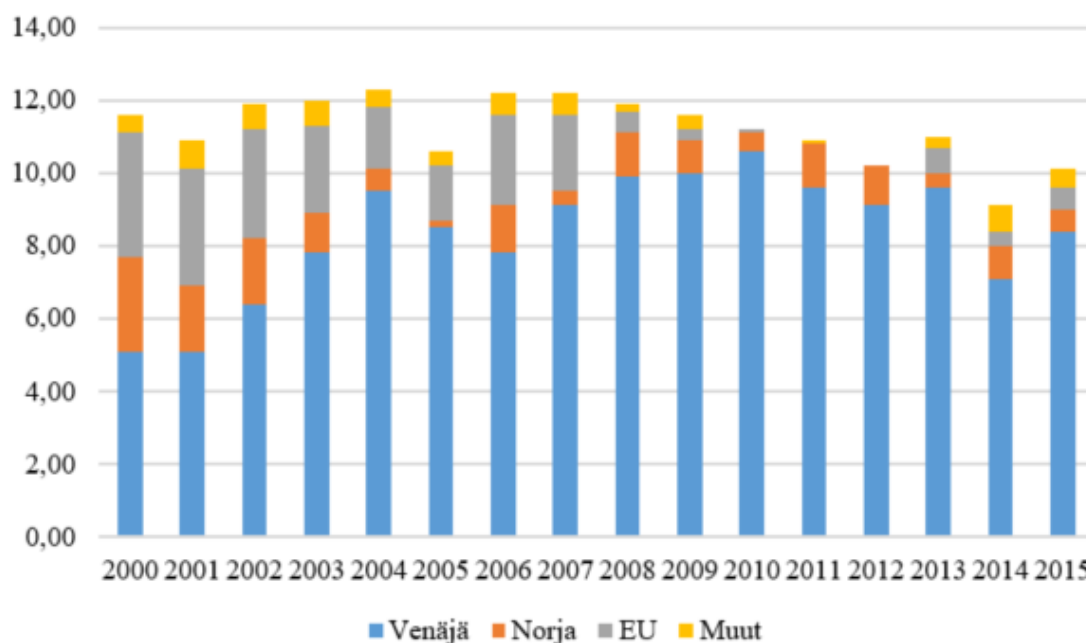
**Kuvio 7.** Suomen tuodun sähkön (TWh) maajakauma (Tulli 2017).

#### 4.3. Uusiutumaton energia

Seuraavaksi esitellään uusiutumattomat energianmuodot, joita Suomi hyödyntää energiantuotannossa. Uusiutumattoman energia tarkoittavat polttoainelähteitä, jotka eivät uusiudu ihmiselämän aikana vaan niiden syntyminen kestää kymmeniä tuhansia vuosia ja näin ollen käytössä olevat reservit ovat rajallisia. Fossiilisilla polttoaineilla taas viitataan polttoaineisiin, jotka ovat syntyneet muinaisten eliöiden jäännöksistä ja niitä polttaessa vapautuu suuria määriä päästöjä ilmastoon. Fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia, paitsi turve, joka Suomessa luokitellaan hitaasti uusiutuvaksi energiaksi.

*Ydinvoimassa* käytettävä uraani on uusiutumatonta luonnonvara, jota Suomen voimaloihin tuodaan suurimmaksi osaksi Venäjältä sekä Ruotsista ja Saksasta Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2014. Ydinvoiman Suomessa tuottaa kaksi ydinvoimalaitosta ja niiden neljä ydinreaktoria, joissa käytettävä ydinpolttoaine tuodaan ulkomailta ja jotka tuottavat sähköä yli 20 terawattituntia eli neljänneksen sähköntuotannosta. Ydinenergia tulee olemaan merkittävä osa Suomen energiantuotanto, kun pyritään hiilineutraalimmaksi yhteiskunnaksi. Tällä hetkellä rakenteilla oleva yksikkö Olkiluotoon tulee tukemaan sähköntuotannon omavaraisuutta ja lisäksi Fennovoiman Hankiven laitoksen rakentamisesta tehdään päätös vuonna 2018. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017a, Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 71.)

Alla oleva kuvio 8 esittää raakaöljyn tuontimäärät maiden suhteen. Suomi saa suurimman osan raakaöljystään Venäjältä, mikä on noin 83 prosenttia raakaöljyn kokonaistuonnista. Lisäksi raakaöljyä tuodaan Norjasta, Euroopan unionin ja muista maista.



**Kuvio 8.** Raakaöljyn tuontimäärät Suomeen miljoonina tonneina (Tulli 2017).



*Öljyn* markkinaosuus on laskenut 1970-luvulta lähtien, mutta se on silti maailman käytetyin polttoaine ja sen globaali kulutusta nostaa kehittyvien maiden kysynnän kasvu. Noin puolet öljystä käytetään liikenteessä ja loput energiantuotannossa sekä teollisuuden raaka-aineena. Sen osuus energiantuotannossa oletetaan laskevan otettaessa käyttöön muita vaihtoehtoisia energiantuotannon muotoja. Maailman öljyreserveistä 77 prosenttia on OPEC-maiden omistuksissa, mutta heidän markkinaosuutensa on noin 40 prosenttia. Venäjä, Saudi-Arabia ja Yhdysvallat ovat olleet öljyntuottaja maiden kärkipäitä. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna öljyn hinta on vaihdellut paljon poliittisten ja taloudellisten tekijöiden vaikutuksesta. Lähi-idän sodat ovat luoneet epävarmuutta ja hintapaineita ylöspäin. Talouslamassa puolestaan epävarmuus kysynnästä kasvaa, mikä on usein aiheuttanut hinnan romahtamisen. (Ruska ym. 2012:16-17, 22, 24.)

*Hiili* voidaan luokitella kahteen eri pääluokkaan kivihiileksi ja ruskohiileksi sen hiilipitoisuuden mukaan, mistä lähinnä kivihiilellä käydään kansainvälisesti kauppaa. Ilmaston muutoksen torjunnassa hiilen käytön vähentäminen on yksi päämääristä, koska hiilen käytöstä syntyy enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin muista fossiilisista polttoaineista. Työ- ja elinkeinoministeriön (2017b: 36) mukaan Suomen tavoitteena on luopua kivihiilen käytöstä vuoteen 2030 mennessä eikä uusia investointeja voimalaistoksiin tai korjauksiin tehdä ja olemassa olevat laitoksen jäävät vain poikkeustilanteiden varalle. Ruska ym. (2012) kertovat, että tällä hetkellä Kiina tuottaa ja käyttää eniten hiiltä, jota tulee suurista valtion omistamista kaivoksista. Kuljetuskustannusten vuoksi hiiltä käytetään ensisijaisesti lähellä sen tuotantopaikkaa. Euroopan hiilentuotanto on ohittanut sen tuotantohuipunsa, mutta tällä hetkellä sen merkittävimmät tuottajamaat ovat Puola, Saksa, Tšekki ja Yhdistyneet kuningaskunnat hiilen energiasisällön mukaan laskettuna.

*Maakaasua* käytetään noin seitsemän prosenttia kokonaiskulutuksesta lähinnä sähkön ja lämmön tuotantoon sekä teolliseen loppukäyttöön, mutta kotitalouksien maakaasun käyttö on vähäistä. Suomen kaikki kulutettu kaasu tuodaan Venäjältä ja sen toimitushäiriöihin varaudutaan varastoimalla vaihtoehtoisia polttoaineita yritysten velvoitevarastoihin ja valtion omistamiin varastoihin. Maakaasudirektiivi (508/2000) on antanut Suo-

melle luvan poikkeuksiin liittyen Euroopan unionin tavoitteeseen luoda maakaasun sisämarkkinat, niin kauan kuin sillä on vain yksi pääasiallinen toimittaja ja puuttuu yhteys Euroopan maakaasuverkkoon. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017a.)

Ruska ym. (2012: 29, 60-61) täsmentää, että yleisesti maakaasun käyttö on kasvanut energiantuotannossa johtuen energia- ja ilmastopolitiikasta, koska siitä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin öljyssä ja hiilessä. Euroopan kaasukentistä kuitenkin suurin osa on jo ohittanut tuotantohuippunsa, lukuun ottamatta Norjaan, ja suurin osa EU:n tuontikaasusta on peräisin Venäjältä, mikä aiheuttaa paineita pyrkimykseen maakaasun tuotannon omavaraisuuteen. Lisäksi kysymykseksi jää kuinka riippuvainen EU haluaa olla yhdestä maakaasuntoimittajasta. Suomeen tuodusta maakaasusta 66 prosenttia päätyy energialaitoksille tai –yhtiöille, mistä tuotetaan sähköä ja lämpöä tai siirretään paikallisjakeluun.

Suomessa *turve* luokitellaan hitaasti uusiutuvaksi biopolttoaineeksi ja nykyään se on oma luokkansa, mutta ennen vuotta 2006 IPCC (International Panel on Climate Change) luokitteli turpeen fossiilisten polttoaineiden luokkaan. Turpeesta syntyvät kasvihuonepäästöt ovat elinkaarta tarkastellessa kuitenkin verrattavissa fossiilisiin polttoaineisiin. Suomen turvevarat ovat huomattavat ja se on tärkeä osa energiantuotantoa jo 1970-luvulta lähtien. VTT arvioi turpeen käytön kasvavan vuoteen 2020 mennessä. Etuina turpeessa ovat kotimaisuus ja sen varastoitavuus, mutta haittapuolina ympäristövaikutukset esimerkiksi vesistöihin sekä korkeat hiilidioksidipäästöt. Suomessa noin 55 sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosta eli CHP-voimalaitosta hyödyntää turvetta. (Leinonen 2010: 3, 13, 61, 68, 84.)

Nykyisellä päästöoikeuden hinnalla turve on kilpailukykyinen kivihiilen kanssa ja sen verotason nosto saattaisi heikentää tätä asemaa erityisesti yhteistuotantolaitoksissa. Se, mitä energianlähdettä hyödynnetään ensisijaisesti energiantuotannosta, riippuu polttoaineen hinnan, fossiilisten polttoaineiden, turpeen verotuksen ja päästöoikeuden hinnasta, kun vertaillaan turvetta, kivihiihtä, maakaasua sekä biomassaa kansallisella tasolla. Turpeen jäädessä päästökaupan ulkopuolelle se on kilpailukykyinen polttoaine. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 38-39.)

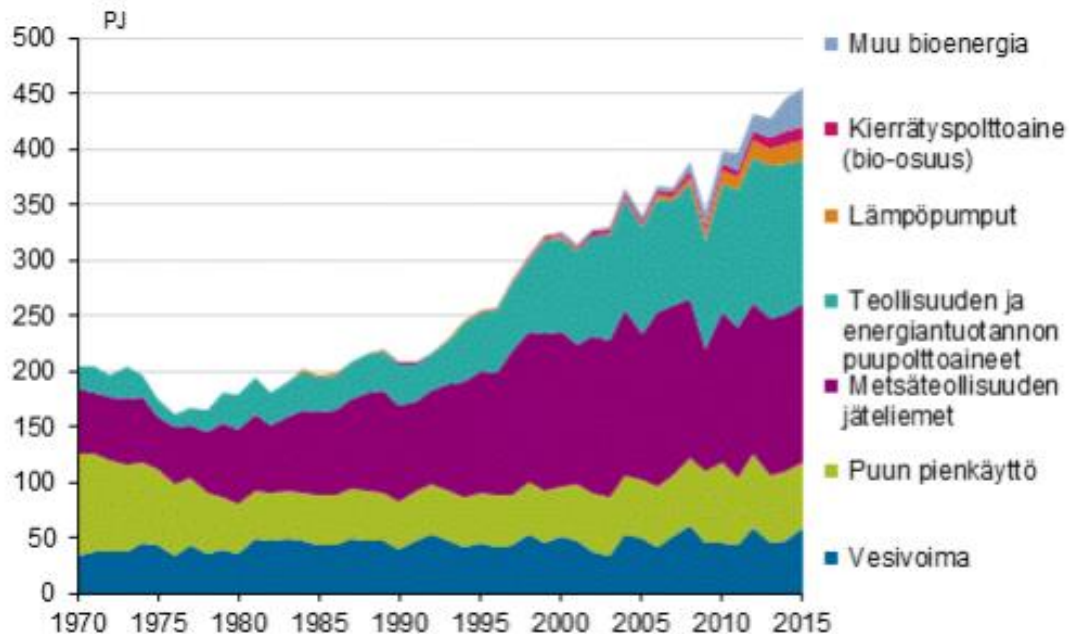
#### 4.4. Uusiutuva energia

Uusiutuvien energian hyödyntäminen on yksi Euroopan unioninkin keskeisimpiä energiapolitiittisia päämääriä. Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan uusiutumiskykyistä energiaa ja sen kilpailukyky hinnan suhteen paranee teknologian kehittyessä tulevaisuudessa. Uusiutuviksi energialähteiksi lasketaan aurinko-, tuuli-, vesi- ja bioenergia sekä maalämpö, että aalloista ja vuoroveden liikkeistä saatava energia, joiden eduiksi lasketaan pienemmät ympäristöhaitat ja kestävä kehityksen periaatteen mukainen uusiutuvuus. Tulevaisuudessa aurinko- ja tuulivoimateknologian markkinat tulevat kehittymään eniten ja niihin lisääntyvät investoinnit ovat kasvaneet johtuen teknologian hinnan laskusta. Euroopan unionin keskeisen tavoitteen kasvihuonekaasujen vähentämisen saavuttamiseksi Suomelle on asetettu tavoite nostaa uusiutuvien energiamuotojen osuus 38 prosenttiin loppukulutuksesta. Maanpuolustuskorkeakoulun (2013: 84) mukaan tavoitteen saavuttamiseksi erityisesti biomassan ja tuulivoiman käyttöä tulisi lisätä voimakkaasti, mikä puolestaan edistäisi myös Suomen toimitusvarmuutta.

*Bioenergia* on Suomessa laajasti käytettävä energialähde, missä hyödynnetään esimerkiksi polttopuita, kaarnaa, pellettejä ja teollisuudesta jäävää puujätettä yhdessä fossiilisten polttoaineiden kanssa lähinnä teollisuuden lämmityksen ja yksityisten yrittäjien tehtaissa. Hallituksen tavoitteiden mukaan erityisesti bioenergialla on osansa uusiutuvan energia tavoitteiden saavuttamiseksi ja näin ollen tulee huolehtia biomassan kestävyyskriteerien varmistamisesta EU:ssa että kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa. Eri energian lähteitä yhdistämällä lämmön- ja sähköntuotanto vähentää kasvihuonepäästöjä. Yksityishenkilöt omistavat yli 70 prosenttia Suomen maan metsistä, joten bioenergian markkinat ovat paikalliset. Biokaasua pystytään hyödyntämään niin liikenteessä kuin CHP-tehtaissa ja biokaasu on kasvava ala, missä on mukana suomalaista liiketoimintaa. (Aslani ym. 2013, Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 25-26.)

Kuviosta 6 nähdään miten Suomen uusiutuvat energialähteet jakautuvat ja kuinka suuri osa siitä on erityisesti puuperäistä polttoainetta, mitä syntyy teollisuuden jätteenä hakkeena tai metsäteollisuuden jätelieminä tai puun pienkäyttönä. Puuperäinen polttoaine on selkeästi isoin energianlähde uusiutuvista energioista ja yhteensä noin 331 petajoulea.

Vesivoiman käyttö on tällä hetkellä noin 60 petajoulen luokkaa uusiutuvan energian käytön kokonaismäärästä, mikä on yhteensä 450 petajoulea.



**Kuvio 9.** Suomen uusiutuvien energialähteiden käyttö (Tilastokeskus 2016).

Vuoden 2012 tilastojen mukaan puupolttoaineet olivat noin 80 prosenttia uusiutuvan energiankäytöstä ja näin ollen lähes neljänneksen energiankokonaiskulutuksesta. Puupolttoaineet voidaan jakaa metsäteollisuuden jäteliemiin, kiinteisiin ja muihin puupolttoaineisiin. Selluteollisuus tuottaa mustalipeää, josta metsäteollisuuden jäteliemet pääosin ovat peräisin ja se tuotetaan ja kulutetaan samassa laitoksessa. Lämpö- ja voimalaitoksissa käytetään muun muassa kiinteitä puupolttoaineita ja lähes puolet niissä käytettävästä energiasta on peräisin harvennushakkuista saatavasta pienpuusta. Lisäksi voimaloissa hyödynnetään metsäteollisuuden sivutuotepuuta. Suomessa puolet vuosittain käytettävästä puuaineksesta poltetaan. Puupolttoaineiden kulutus on kasvussa, sillä metsähakkeen käyttö on lisääntynyt lämpö- ja voimalaitoksissa, mitä myös tuetaan valtioavun tukitoimin. Lisääntyneen käytön taustalla on Euroopan unionin uusiutuvan energian direktiivi, jonka mukaan Suomen tulisi nostaa uusiutuvan energiankäyttö 38 prosenttiin

energian loppukulutuksesta ja mihin pyritään metsähakkeen avulla. Metsähakkeen käyttöä tuetaan korjuu- ja haketustuen avulla, mitä maksetaan energiapuulle ja käytössä on myös syöttötariffi ei markkinoista riippumaton takuuhinta. (Metla 2013: 274-275, 277.)

Hiilinielut ovat olleet lähiaikoina puheenaiheena, koska Euroopan unioni on suunnitellut muutoksia hiilinielujen laskentatapoihin, joka merkitsisi Suomelle metsien muuttumista lisäkustannuksiksi ja vaikeuttaisi uusiutuvien energian tavoitteiden saavuttamista (Helsingin Sanomat 2016). Suomessa suurimpana hiilinieluna maankäyttösektorilla toimii metsät, jotka sitovat itseensä hiilidioksidia ja hakkuiden yhteydessä vapauttaa ne, mikä nettonieluna vastaa 30-60 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä. Niiden ilmastovaikutukset on huomattu myös globaalisti ja koska lisääntyvä puunkäyttö pienentää hiilinieluja niin Suomi pyrkii vaihtamaan fossiiliset polttoaineet uusiutuviin. Lisäksi metsien hakkuu vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen, joten metsien vastuullinen käyttö on tärkeää. (Työ- ja elinkeinoministeriä 2017b: 67, 81.)

Alm (2015: 39-40) kertoo, että Suomessa *aurinkoenergian* hyödyntämistä vaikeuttaa auringonsäteilyn vuodenaikavaihtelut ja muutenkin vaikka auringon säteilyn energiamäärä on suuri niin sitä ei tällä hetkellä pystytä hyödyntämään kuin noin 20 prosentin luokkaa. Suomessa aurinkoenergiamarkkina ei ole kuulunut syöttötariffien piiriin, mikä on osaltaan hidastanut niiden kasvua suhteessa muihin Euroopan maihin. Aurinkopaneeleilla tuotettavaa aurinkosähköä ei ole ollut mahdollista ostaa sähköverkosta vaan se on lähinnä ollut yksityiskäytössä. Tukea aurinkosähköhankkeisiin on myönnetty noin 3,5 miljoonaa euroa.

Aurinkoenergiateknologiat pystytään jakamaan kolmeen eri pääsuuntaan aurinkolämmitykseksi, aurinkopaneeleiksi ja keskittäviksi aurinkovoimaloiksi, joissa hyödynnetään eri teknologioita. Aurinkoenergiateknologiat ovat eri kehitysvaiheissa ja osa teknologioista on jo kilpailukykyisiä markkinoilla sekä yleisesti voidaan sanoa, että niiden hyödyntämiskelpoisuus kehittyy tulevaisuudessa. Suomessa vain Fortum Oyj on ilmoittanut toimivansa aurinkoenergian parissa, joten kotimarkkinoilla aurinkoenergian hyödyntäminen tapahtuu vasta pienessä mittakaavassa. (Kohl ym. 2012: 33-34.)

*Tuulivoima* on puhdasta energiaa, jota hyödynnetään sähkön tuotannossa. Tuulivoimaloiden käyttäminen vähentää ilmansaasteita, mutta tuulivoimaa lisätessä tulee huomioon ottaa ympäröivä maankäyttö, haittavaikutukset sekä paikallisten hyväksyminen voimalalle (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 63, 95). Vuonna 2014 Suomessa oli *tuulivoimaloita* 260 ja niiden kapasiteetti oli 627 megawattia sekä lisäksi vuoden 2015 lopulle oli suunniteltu 96 uutta tuulivoimalaa. Vuonna 2015 Suomessa julkaistuja tuulivoimalahankkeita oli yhteensä 11 00 megawatin verran, joista osa oli suunniteltu merelle. Sähkölle on valmistettu tariffijärjestelmä, jolla pyritään pääsemään vuoden 2020 ilmasto- ja energiastrategian tavoitteeseen yhteensä kuuden terawattitunnin tuulivoiman tuotantoon. (Alm 2015: 33.)

Aslani ym. (2013) mukaan Pohjoismaissa *vesivoima* on käytetyin uusiutuva energia, mutta Suomessa vesivoiman päätehtaat on jo rakennettu 1950-60-luvun aikoihin eikä vesivoimaa lisätä käyttöön enempää kahdesta eri syystä: fyysiset ja ympäristölliset. Maantieteellisesti Suomi on liian tasainen, että uudet investoinnit kannattaisivat ja lisäksi vesivoimaloiden rakentaminen muuttaa liian paljon ympäröivää luontoa. Vesivoiman hyötysuhdetta voidaan vain parantaa uusilla asennuksilla esimerkiksi vaihtamalla turbiineja ja generaattoreita tehokkaimmiksi malleiksi, mutta suurimpiin vesivoimalaitoksiin nämä parannukset on jo tehty.

*Maalämpö* ei ole taloudellisesti hyödynnettävä energianlähde Suomessa vaan enimmäkseen mitä taloudet voivat käyttää lämmitykseensä. Maalämpöpumpun hinta on korkea, vaikka sen käytön kustannukset ovatkin matalammat. (Aslani ym. 2013.)

## 5. ENERGIATURVALLISUUDEN KEHITTYMINEN SUOMESSA

Cherp ja Jewell (2011) käyttivät tutkimuksessaan energiaturvallisuuden jakoa itsenäisyyteen, kestävyYTEEN ja sietokykyyn, mitä hyödynnetään myös tässä tutkimuksessa. Itsenäisyyden näkökulmalla on historialliset juuret ja siinä energiaturvallisuutta ylläpidetään muun muassa omistussuhteilla energiajärjestelmiin sekä instituutionaalisilla järjestelyillä. Kestävyys perustuu infrastruktuurin suojelemiseen esimerkiksi teknisiltä ongelmilta ja luonnonkatastrofeilta, mitä voidaan parantaa kehittämällä teknologiaa tai lisäämällä infrastruktuuria. Sietokyvyn tarkoitus on ylläpitää yhteiskunnan hyvinvointia ja toipumista ennalta-arvaamattomien häiriöiden sattuessa. Kolmea näkökulmaa hyödyntämällä Suomen energiaturvallisuudesta pystytään muodostamaan monipuolisempi kokonaiskuva. Itsenäisyys, kestävyys ja sietokyky eivät ole toisiaan pois sulkevia vaan ovat myös päällekkäisiä ominaisuuksia energiaturvallisuutta tarkastellessa. Näihin kolmeen näkökulmaan voidaan liittää energiadiversiteetti yhteiseksi tekijäksi energiaturvallisuuden ylläpitämiseksi, mikä näin ollen myös pohjustaa aihetta seuraavaan kappaleeseen, jossa käsitellään tarkemmin Suomen ja Ruotsin energiantuotannon ja energian nettotuonnin diversiteettiä Herfindahl-Hirschman- ja Shannon-Wiener- indeksien avulla.

Suomen energiahuoltovarmuuden vahvuus perustuu tehokkaaseen energiantuotantojärjestelmään, missä polttoaineet ja hankintalähteet on hajautettu sekä kotimaisen polttoaineen käyttöä on yritetty aktiivisesti kehittää. Suomessa energiahuoltovarmuutta tulisi pitää EU:n ja IEA:n velvoitteiden yläpuolella sen erikoisolosuhteiden vuoksi, sillä yhteiskunta on kasvavassa määrin riippuvainen luotettavasta energian saannista ja erityisesti Suomen kylmä ilmasto, pitkät kuljetusetäisyydet ja erityinen teollisuuden rakenne lisäävät talouden energiaintensiivisyyttä. Näin ollen Suomen keskeisiksi energiapolitiikan tavoitteiksi on asetettu saatavuuden turvaaminen, energian kilpailukykyinen hinta sekä yleisesti Euroopan unionissa asetettujen energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttaminen. (Kananen 2015:217, Maanpuolustuskorkeakoulu 2013: 83.)

Työ- ja elinkeinoministeriön (2017a) keskeiset tehtävät energiapolitiikan suhteen ovat energiamarkkinoiden ja toimitusvarmuuden kehitys, uusiutuvan energian ja energiate-

hokkuuden lisääminen sekä ydinenergian sääntely. Lisäksi ministeriölle kuuluu päästökaupan toimeenpano sekä ilmastopolitiikan kansallisen valmistelun ja toimeenpanon yhteensovittaminen. Suomen energiapolitiikasta huoltovarmuuden suhteen pitää huolen Huoltovarmuuskeskus (HVK), joka on työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan laitos ja energian lisäksi sen toimialaan kuuluu muidenkin toimialojen huoltovarmuuden ylläpito ja kehitys. Huoltovarmuuskeskuksen toiminta perustuu valtioneuvoston asetukseen 25.6.2008/455.

### 5.1. Energiapolitiikan historia

1960-luvulla Suomen energiaomavaraisuus oli puolet aiemmasta 60 prosentista ja öljystä oltiin erittäin riippuvaisia, sillä luonnonolosuhteet, lämmitystarve, harva asutus, Itämeren jääolot ja pitkät kuljetusmatkat loivat erityisvaatimuksia logistiikalle ja huoltovarmuudelle. 1970-luvun öljykriisissä Suomen piti muiden läntisten teollisuusmaiden lailla laatia energiasäästöohjelma, mutta valtionyhtiö Neste Oy toteutti ratkaisevimmat toimenpiteet rajoittamalla toimituksia ja valvomalla jakeluaan. Neste Oy on perustettu vuonna 1948 alun perin turvaamaan kansallisen polttoainehuoltoa. Se oli ensimmäisen maakaasuputken kaasusta vastaava jakaja. Öljykriisistä toipuminen oli hidasta taloudellisesti ja korkeista polttoainehinnoista johtuen syntyi pitkä taantuma ja samanaikainen stagflaatio eli voimakas inflaatiokierre. ”Korpilammen hengeksi” kutsuttu yhteistyö valtiovallan ja elinkeinoelämän välillä vuonna 1976 synnytti myös uusi piirteitä energiapolitiikkaan, jolloin energian omavaraisuutta ja energiasäästämistä aloitettiin korostamaan. (Kananen 2015: 58-60, 226.)

Huoltovarmuuskeskus (2017a) kertoo, että 1973 tapahtunut energiakriisi ei aiheuttanut Suomeen katkoksia saatavuuteen, mutta talous joutui taantumaan. Puolustustaloudellinen suunnittelukunta (PTS) ryhtyi kehittämään uutta menettelytapaa Suomelle ja näin ollen heidän käsittelyynsä tulivat muun muassa turvavarastokysymys, suunnittelukeskuksen luominen ja kansantalouden kriisinajan mallin kehittäminen. Vuonna 1981 PTS muutet-



tiin suunnittelukeskukseksi ja vuonna 1992 Huoltovarmuuskeskus perustettiin huoltovarmuuden turvaamiseksi tasavallan presidentin asetuksen mukaan, missä se toimii PTS:n sihteeristönä.

Kanasen (2015: 78) mukaan vuonna 1983 Suomeen säädettiin ensimmäistä kertaa tuontipolttoaineiden velvoitevarastot, jonka tarkoituksena oli turvata väestön toimeentulo ja talouselämä sulkutilanteiden varalta. Kivihiili, raakaöljy ja keskeisimmät öljytuotteet kuuluivat varastointi velvollisuuksien piiriin, joita oli varastoitava omalla kustannuksella riittäväksi kymmeneksi kuukaudeksi ja se koski lämmön ja sähkönyhteistuotantolaitoksia. Maahantuojien velvoitteeseen kuului viiden kuukauden kulutusta vastaavataso. Raakaöljyn ja öljytuotteiden maahantuojien täytyi velvoitteen mukaan varastoida kolmen kuukauden tuontimäärä. Vuonna 1994 säädös laajennettiin kivihiileen. Vuonna 1998 säädöksiä laskettiin, jolloin kivihiilen varastointivelvollisuus muutettiin kolmeen kuukauteen ja öljytuotteiden kahteen kuukauteen.

Suomi liittyi Kansainväliseen energia järjestöön (IEA) ja IEP- sopimukseen (International Energy Program) vuonna 1991, jolla siitä tuli jäsen 27 maan kansainväliseen öljynhuollon kriisivalmiusjärjestelmään. IEA:n varautumisvelvoite on vähintään 90 päivää vastaava nettotuontivelvoite öljyvarastoista, mikä tarjoaa sen jäsenille kollektiivisen turvan öljyn saatavuuden häiriötilanteissa. European Energy Infrastructure Security Network, johon Huoltovarmuuskeskus liittyi vuonna 2007, on yksityisen ja julkisen sektorin verkosto, missä jäsenet tutustuvat Euroopan energiainfrastruktuurin tärkeisiin kohteisiin, asiantuntija esityksiin sekä kohtaamiin ongelmiin. (Kananen 2015: 181, 184.)

Huoltovarmuudelle asetettiin uudet tavoitteet vuonna 1995, missä ympäristönmuutokset olivat sen lähtökohtana ja tavoitteena oli turvata kansallisiin toimenpiteisiin ja voimavaroihin perustuva itsenäinen huoltovarmuus. Pohjana toimi Euroopan unionin varautumistoimet, kansainvälisestä energiaohjelmasta tehty sopimus vuodelta 1991 ja Suomen ja Ruotsin taloudellinen yhteistyö kansainvälisessä kriisissä. Energiavarmuutta koskevat säädökset liittyivät lämmön ja sähköenergian tuotantokapasiteettiin, jakelu- ja siirtoverkon perushuoltotasoon, polttoaineiden ja öljyjen varastoihin kansainvälisten sopimusten mukaan. Lisäksi tavoitteisiin kuului ajanmukaiset ohjaus- ja säännöstelysuunnitelmat.

Vuosituhanen vaihteessa ymmärrettiin, että osaksi huoltovarmuutta tulisi lukea kiinteämpi yhteistyö EU:n ja muiden tärkeiden maiden ja järjestöjen kanssa, sillä tavaroita ja palveluja oli mahdollista saada suuremmalla todennäköisyydellä kriisitilanteissa. Yleisesti Suomen turvallisuuspoliittinen asema parantui EU jäsenyyden myötä lisäten joustavuutta ja monipuolisuutta huoltovarmuuden parantamiseen kansainvälisesti, sillä suurimmat uhkakuvat olivat muodostuneet talouden ulkomaan riippuvuudesta ja yhteiskunnan teknisten järjestelmien haavoittuvaisuudesta. Näin ollen Euroopan unionin yhteisen kriisinhallintapolitiikan johdosta vuoden 2002 huoltovarmuuden tavoitteiden päivytyksen yhteydessä energiahuollon tavoitteita laskettiin. Tuontipolttoaineiden varastoja tuli olla 5 kuukautta normaaliajan kulutuksesta, mihin vaikutti myös, että laman yhteydessä haluttiin supistaa huoltovarmuusrahastoa valtiontalouden parantamiseksi. (Kananen 2015: 114-115; 125-127; 130-131.)

## 5.2. Tämän hetkinen energiapolitiikka

Huoltovarmuuskeskus (2016b) määrittelee Suomen energianhuollon hajautetuksi ja monipuoliseksi energiantuotantojärjestelmäksi, missä sähköä ja kaukolämpöä tuotetaan niin tuonti kuin kotimaisista polttoaineista. Huoltovarmuuskeskuksen energiahuoltosektori seuraa energiamarkkinoiden kehittymistä ja edistää huoltovarmuusnäkökulmaa alaan liittyvissä keskusteluissa ja päätöksen teossa. Sen päämäärät ovat häiriötön saatavuus, kilpailukykyinen hinta ja ympäristöystävällisyys. Energiahuollon toiminnan tehokkuuteen pyritään kilpailullisten markkinoiden avulla. Energiapolitiikkaa on pidetty kansallisena, mutta EU:n rooli on kasvanut myös siinä. Energiahuolto-osasto on vastuussa polttoaineiden varmuusvarastoinnin suunnittelu-, rakennuttamis- ja ylläpitotehtävistä sekä kauppatoimista ja tuontipolttoaineiden velvoitevarastointiin ja turpeen turvavarastointiin liittyviä hallinnoimistehtäviä. Varautumisjärjestelyt perustuvat normaaliolojen mahdollisimman häiriöttömään energianhuoltoon, mihin liittyy varautumis- ja valmiussuunnitelmia koskien siirto- ja jakeluverkostoja sekä varastointi- ja kuljetusjärjestelmiä. Erityislainsäädäntö sisältää tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnin, turpeen turvavarastoinnin ja polttoainehuollon turvaamiseksi tehdyt kansainväliset sopimusjärjestelyt. Lisäksi huoltovarmuuskeskuksen energianhuolto sisältää öljy- ja voimatalouspoolit, jotka ovat julkisen

ja yksityisen sektorin välistä yhteistyötä huoltovarmuuden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi.

Tämän hetkinen hallitus on asettanut kunnianhimoiset tavoitteet energian osalle, missä tavoitellaan uusiutuvan energian osuuden lisäämistä yli 50 prosenttiin loppukulutuksesta, omavaraisuuden kasvattamista yli 55 prosenttiin ja hiilestä luopumista energiantuotannossa sekä pyrkimystä puolittaa tuonti öljyn kotimainen käyttö, että liikenteen uusiutuvien polttoaineiden osuuden nostamista 40 prosenttiin ennen vuotta 2030. Suomen energia- ja ilmastopolitiikka koostuu kolmesta peruslottuvuudesta, joiden tasapaino on tärkeä siirryttäessä hiilineutraalimpaan yhteiskuntaan, ja joiden mukaan energiajärjestelmän tulisi olla 1) kustannustehokas ja mahdollistettava kansantalouden kasvu sekä suomalaisen yritysten kilpailukyky globaaleilla markkinoilla, 2) kasvihuonekaasupäästöjen ja ympäristön näkökulmasta kestävä ja lisäksi 3) riittävän toimitusvarma. Hallitusohjelman yksi viidestä kärkihankkeesta, joka sisältäen energia- ja ilmastolinjaukset, on ”Hiilettömään, puhtaaseen ja uusiutuvaan energiaan kustannustehokkaasti”. Hankkeen energialinjauksiin kuuluu erityisesti bioenergian ja muun päästöttömän uusiutuvan tarjonnan lisääminen nestemäisten biopolttoaineiden ja biokaasun tuotannon ja teknologian avulla. Lisäksi tähän kuuluu uusiutuvan energian tuet EU:n suuntaviivat täyttäen, biomassan kestävyys kriteerien varmistaminen, päästökaupan epäsuorien sähköhintavaikutusten kompensatiojärjestelmä, luopuminen hiilestä ja tuontiöljyn puolitus. Hanke pyrkii tukemaan alan teollisuutta ja vientiä rahoittamalla niin innovaatioita kuin vientiä sekä kannustaa julkista sektoria hiilineutraaleihin energiaratkaisuihin. Myös cleantech-sektorin pilotti-hanke otetaan käyttöön uuden teknologian käyttöönoton edistämiseksi ja hevosen lanta sallitaan energiatuotannossa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 11, 14, 25.)

Valtioneuvostonselonteossa (2017) nostetaan esille myös se, että sähkö- ja kaasumarkkinoita tulisi uudistaa niin alueellisesti kuin eurooppalaisittain tehokkaiksi ja kilpailukykyisiksi, niin että myös määritellään sähkötehon riittävyys toimitusvarmuustavoitteen saavuttamiseksi. Suomi on tällä hetkellä osa Pohjoismaiden ja Baltian sähkömarkkinoita sekä myös osa eurooppalaisia sisämarkkinoita, mikä mahdollistaa parhaiten sähkönkilpailukykyisen hinnan ja toimitusvarmuuden, ja tätä pyritään nimenomaan kehittämään eteenpäin. Ydinenergia tulee olemaan merkittävässä osassa kehittäessä hiilineutraalimpaa

sähkön energiantuotantoa. Kaasumarkkinoiden kehittäminen ja kaasuninfrastruktuurin rakentaminen luovat tulevaisuudessa mahdollisuuksia hyödyntää näitä myös biokaasun ja synteettisen kaasun yhteydessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017b: 68-69, 71.)

Tarkastellessa Suomen energiaturvallisuuden sietokykyä voidaan todeta, että Euroopan unionin energiapolitiikan päämäärä parantaa sisäisiä markkinoita ja energiainfrastruktuuria palvelee hyvin Suomen päämääriä, joilla turvataan myös Suomen tilanne häiriöiden sattuessa. Valtion ylläpitämien tehoreservien, jotka koostuvat nopeasti käyttöönottovalmiuksissa olevista voimalaitoksista ja ovat yhteensä 299 megawattia, avulla katetaan myös kulutushuiput (Aalto ym. 2016:13-14). Lisäksi markkinoiden laajentaminen lisää energiaturvallisuuden kestävyyttä, kun uhkakuvana on teknologian pettäminen tai luonnon katastrofit. Yleisesti myös laajemmat markkinat ja siten kilpailukykyisemmät tarjoavat kestävyyttä diversiteetin kautta. Tälle hetkellä hankkeilla oleva Balticconnector-kaasuputki, joka rakennetaan Suomen ja Viron väliin tulee tukemaan Suomen kaasumarkkinoita ja lisäksi avaa pääsyn Euroopan markkinoille. Lisäksi uutta infrastruktuuria on luvassa Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin välille, mihin on suunniteltu uusi vaihtosähköyhteys ja on keskeinen hanke riittävien siirtoyhteyksien turvaamiseksi. Tämän kaltaiset investoinnit avaavat Suomelle yhteydet useampiin energiantoimittajiin. Suomen keskeinen energiapolitiikan päämäärä on myös ylläpitää kilpailukykyisiä hintoja, joten saamalla uusia yhteyksiä Eurooppaan kilpailu markkinoilla kasvaa ja asettaa hintapaineita yrityksille sekä laskee riippuvuutta yksittäisistä tuottajista. Huoltovarmuuskeskus huolehtii Suomen riittävistä huoltovarmuusvarastoista kriisitilanteen sattuessa, mikä on niin osa energiaturvallisuuden sietokykyä, itsenäisyyttä kuin kestävyyttä.

Hallituksen kärkihankkeen perusteella myös Suomen energiapolitiikan keskiössä on uusiutuvien energiamuotojen kehittäminen ja edistäminen polttoaineena, missä biomassalla ja –polttoaineilla on oma tärkeä roolinsa. Tämä puolestaan edistää Suomen energiaomavaraisuutta ja energiaturvallisuuden itsenäisyyden aspektia. Suomi on muihin pohjoismaihin verrattuna erityisen riippuvainen energiankokonaistuonnista, joten maan tavoitteena on lisätä omavaraisuutta ja etenkin riippuvuuden vähentämistä Venäjästä (Aalto ym. 2016: 16).

Valtion omisteiset yhtiöt merkitsevät itsenäisyyttä energiapolitiikan näkökulmasta, missä poliittinen ja taloudellinen kontrolli säilytetään energiasysteemeihin. Suomi sijaitsee pitkien kuljetusmatkojen päässä, mihin täytyy päästä myös meriteitse, joten myös talvimerenkulun turvaaminen on strategisesti tärkeää esimerkiksi polttoainekuljetusten vuoksi. Lisäksi mukana ovat tietenkin tärkeät infrastruktuurit sähkön ja kaasun suhteen sekä polttoainelähteiden varmistaminen.

Suomen valtion omistamien yhtiöiden arvo on korkea verrattuna muiden maiden omistuksiin. Valtion omistamisen perustana toimii esimerkiksi yrityksen luonnollinen monopoli, finanssi-intressi, strateginen intressi, uuden luominen tai suomalaisen omistamisen puolustaminen. Strategisen intressin omaavissa yrityksen valtion osuus on ollut joka täydet tai enemmistö omistus 50,1 prosentilla. Osuuksien laskemisesta on tosin esitetty 33,4 prosenttiin. Solidium Oy:n omistukset kohdistuvat puhtaasti finanssi-intresseihin ja suomalaisen omistajuuden suojelemiseen. (Valtioneuvoston kanslia 2016.)

Seuraavalla sivulla on koottuna valtioenemmistöiset yhtiöt, joilla on tekemistä energia- ja turvallisuuden varmistamisessa (Taulukko 1). Hallinnoivan ministeriön lyhenteet ovat työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) ja valtioneuvoston kanslian omistajaohjausosasto (VNK). Taulukkoon on lisätty myös ilmoitettu strateginen intressi.

**Taulukko 1.** Valtioenemmistöiset yhtiöt 2017 (Valtioneuvoston kanslia 2016).

Valti- oenem- mistöi- set yhtiöt	Toimiala	Liike- vaihto 2015 (Milj. €)	Hen- kilöstö 2015	Nyk. valtion osuus osake- pää- omasta (%)	Hal- linnoiva minis- teriö	Strateginen intressi
Arctia Oy	jäänmurto-, monitoimialus- ja yhdysalus- palvelut	62,1	273	100	VNK	Suomen elinkeinoelämän kulje- tustarpeita palvelevan talvime- renkulun varmistaminen.
Baltic Con- nector Oy	kaasuputki	..	..	100	TEM	
Fingrid Oyj	sähkön voimansiirto- palvelu	600	315	53,1	VM	Sähkön siirron ja sähköjärjestel- män toimivuuden ja häiriöttö- myyden turvaaminen kaikissa olosuhteissa.
Fortum Oyj	energiantuo- tanto	3 702,00	7 835	50,8	VNK	Sähköntuotannon riittävyyden varmistaminen myös poikkeus- olosuhteissa
Gasonia Oy	ener- gialiiketoiminta	..	..	99	VNK	
Gasum Oy	maakaasun tuk- kukauppa	915,5	319	75,0	VNK	Kaasun siirron ja kaasujärjestel- män varmistaminen toimivuus kaikissa olosuhteissa.
Kemi- joki Oy	energian tuotanto	915,5	319	50,1	VNK	
Motiva Oy	tehokkaan en- ergiankäytön edistäminen	8,2	74	100	VNK	Puolueettomien asiantuntijapal- veluiden varmistaminen ener- giatehokkuuden, uusiutuvan energian ja resurssitehokkuuden edistämässä.
Neste Oyj	öljyn jalostus	11 130,60	4 856	50,1	VNK	Valtakunnallisen polttoai- nehuollon turvaaminen huolto- varmuusnäkökohdat huomioon ottaen.
Vapo Oy	turve- ja puute- ollisuus	486,9	961	50,1	VNK	Kotimaisten polttoaineiden saa- tavuuden varmistaminen ener- giatuotantoon kaikissa olosuh- teissa.

## 6. TUTKIMUSAINEISTON ANALYSOINTI

Tässä kappaleessa syvennyttään tarkemmin Suomen energiaturvallisuuden diversiteetin kehittymiseen energiantuotannon ja energian nettotuonnin suhteen. Tutkimuksen aloitus vuodeksi valittiin 1995, koska samana vuonna Suomi liittyi Euroopan unioniin ja sitoutui noudattamaan sen linjauksia, vaikka alun perin energiapolitiikka kuului vain kansalliselle tasolle ja vasta myöhemmin EU otti energiastrategian osaksi toimenpiteitään. Tutkimuksessa tarkastellaan aikajaksolta 1995-2015 energiaturvallisuuden kehitystä hyödyntämällä Hirschman-Herfindahl- ja Shannon-Wiener-indeksejä. Kappaleen alussa esitellään erilaiset energiaturvallisuuden mittarit ja erityisesti mitä diversiteetti tarkalleen tarkoittaa energiaturvallisuuden kontekstissa. Lisäksi avataan Herfindahl-Hirschman-indeksin ja Shannon-Wiener-indeksin taustat ja matemaattinen tulkinta. Molempia indeksejä käytetään, että energiaturvallisuuden kehityksestä saataisiin monipuolisempi kuva molempien mittareiden ominaisuuksia hyödyntäen. Tässä tutkimuksessa HHI-indeksiä hyödynnetään Suomen ja Ruotsin energiantuotannon ja tuontien energian haavoittuvuuden mittaamiseksi. Ruotsin vastaavat energiatilastot laskettiin vertailuindekseiksi, että voidaan tarkastella maiden välisten energiapoliittisten linjauksien eroja ja yhteisten globaalien trendien kehityksen vaikutuksia energiaturvallisuuteen liittyviin kysymyksiin.

### 6.1. Mittaristo

Energiaturvallisuuden mittarit voidaan jakaa kahdeksi ulottuvuudeksi: 1) riippuvuus ja haavoittuvaisuus sekä 2) fyysinen ja taloudellinen. Riippuvuus viittaa talouden suhteellista tasoa nojata tiettyyn energian lähteeseen tai teknologiaan, kun taas haavoittuvaisuus tarkoittaa talouden alttiina olemista energiantarjonta- tai hintashokeille. Fyysiset mittarit kuvaavat suhteellista osuutta tuonnista tai ennusteita mahdollisista puutteista tai häiriöistä. Taloudelliset mittarit kuvailevat polttoaineiden hintoja tai mahdollisia hintashokeja. Energian diversiteetin on todettu monissa tutkimuksissa tarjoavan sietokykyä epävarmuuksille ja sen voi luokitella vahingoittuvuuden indikaattoriksi, josta molemmat fyysiset ja taloudelliset ulottuvuudet ovat löydettävissä. Diversiteetti tarkoittaa yksinkertai-

sesti energianlähteiden hajauttamista polttoaineen, teknologian tai jopa teknologisen tiedon suhteen. Diversiteettiä puoltavat argumentit sanovat sen olevan välttämätön systeemien pitkäaikaiseen selviytymiseen. (Grubb ym. 2006, Ranjan ym. 2014.)

Stirling (2010) määrittelee energian diversiteetin olevan tasaisesti tasapainotettu riippuvuus keskenään erilaisten vaihtoehtojen välillä. Erotuksena tarkempiin ja kohdennettuihin niin ehkäiseviin kuin lieventäviin strategioihin diversiteetti pysyy edelleen tehokkaana strategiana, vaikka tulevat häiriön lähteet ja muodot pysyisivätkin tuntemattomina. Diversiteetin idea perustuu ajatukseen, että ”kaikkia munia ei kannat laittaa samaan koriin” ja vaikka se perustuukin näiden ”korien” yleiseen saatavuuteen niin se on riippumaton yhden ”korin” erityispiirteistä”. Tämä on diversiteetin analyyttisen metodologian pohja. Energian diversiteetti synnyttää myös hyötyjä, kuten suojaa häiriöiltä, lisää kilpailua markkinoilla ja innovatiivisuutta, kustomoidut energiasysteemit ja valinnan vapautta. Diversiteetti energiaturvallisuuden lisäksi itsessään liittyy moniin tieteenaloihin, mutta siitä voidaan erotella kolme perusominaisuutta: vaihtelevuus, tasapaino ja erilaisuus, joista kukin on tärkeä, mutta yksinään riittämätön. Vaihtelevuus tarkoittaa vaihtoehtojen määrää joukossa, tasapaino on panosten tasajakaisuutta ja erilaisuus viittaa erilaisuuden asteisiin.

Energian riippuvuuden mittareina voidaan käyttää riippuvuuden mittaamista tuonnin, polttoainesekeitusten ja kriittisten polttoaineiden varastojen kautta. Energian keskittyneisyys- ja diversiteettimittareita ovat Herfindahl-Hirschman (HHI), Shannon-Wiener (SWI) ja mukautettu Shannon-Wiener-Neumann (SWN) indeksi. Jos energian tuonti on hyvin diversifioitu, maalla on pienempi riski energian tarjonnan häiriöihin. Näin ollen olisi tärkeää, että ei vain lasketa tuodun energian määrä vaan myös sen diversiteettiä maan energiankulutusportfoliossa. (Le Coq & Paltseva 2009; Bhattacharyya 2011: 464-467.)

Samalla energian diversiteettimittarilla pystytään myös siten arvioimaan oman tuotannon monipuolisuutta tuontilähteiden monipuolisuuden lisäksi. Kuten edellisessä kappaleessa todettiin niin pelkän energian tuonnin diversiteetti ei ole yksinään ole kattava mittari energiaturvallisuuden mittaamiseksi, vaan tulisi ottaa huomioon myös sen osuus maan kokonaisenergiakulutuksessa.



Herfindahl-Hirschman indeksiä on käytetty teollisuuden alalla mittaamaan markkinoiden keskittyneisyyttä, mutta sitä käytetään myös mittaamaan energian tuonnin diversiteettiä, jolloin laskeminen tapahtuu laskemalla ulkomaisen nettotuonnin osuuksien neliöt yhteen ja HHI:n yhtälössä  $p$  on tarkoittaa energialähteen markkinaosuutta (Grubb ym. 2006; Le Coq ym. 2009). Herfindahl-Hirschman-indeksi ottaa huomioon niin hyödykkeen määrän kuin niiden osuudet yhtälössä ja näin ollen ilmaisee riippuvuutta yksittäisistä tuottajista ja niiden diversiteetistä markkinoilla (Sällh, Höök, Grandell & Davidsson 2014: 335). Energialähteellä tai energiantuottajalla, jolla isompi markkinaosuus, on myös suurempi vaikutus energiaturvallisuuteen ja näin ollen voidaan HHI:n ajatella olevan myös sopiva mittari energiajärjestelmien riskien arvioimiseen (Chuang & Ma 2013: 12). Alla esitetään HHI:n yhtälö, jota tutkielmassa hyödynnetään. Lisäksi HHI:n voidaan liittää muita riskitekijöitä, kuten poliittinen riski, mutta tässä tutkielmassa keskitytään perusindekseihin.

$$(1) \quad \text{Herfindahl – Hirschman Index (HHI)} : \sum_i p_i^2$$

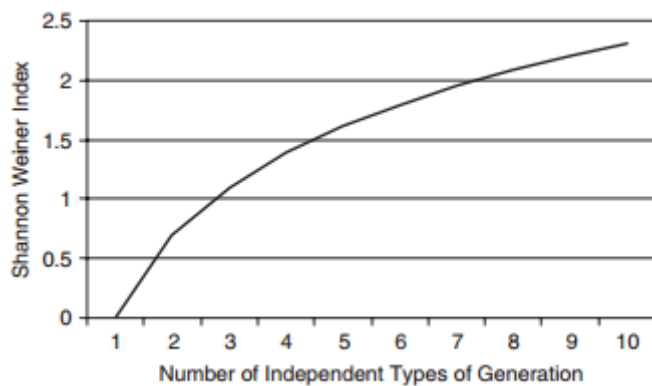
**Taulukko 2.** HH-indeksin määritelmät (Sällh ym. 2014: 336).

HH-indeksi	Markkinoiden ominaisuudet
<0,01	Erittäin kilpailulliset
<0,15	Korkea diversiteetti
0,15 – 0,25	Kohtuullinen keskittyneisyys
>0,25	Alhainen diversiteetti
1	Monopoli

Shannon-Wiener indeksi mittaa markkinoiden keskittyneisyyttä ja antaa suuremman painoarvon pienemmille markkinaosakkaille kuin Herfindahl-Hirschman, joka korostaa enemmän isoja energian toimittajia. Yhtälössä  $p$  tarkoittaa tuotannon osuutta  $i$ -tyypin tuotannossa. Indeksien minimiarvo on nolla, kun energiantuotannossa käytetään vain yhtä lähdettä. (Grubb ym. 2006; Le Coq ym. 2009.)

$$(2) \quad \text{Shanon – Wiener Index (SWI)} : - \sum_i p_i \ln p_i$$

Kuviossa 10 esitetään miten Shannon-Wiener-indeksin arvo kasvaa, kun yhtälöön lisätään itsenäisiä tuotannontekijöitä. Jos käytössä on vain yksi tuotannontekijä, niin indeksi saa arvon nolla.

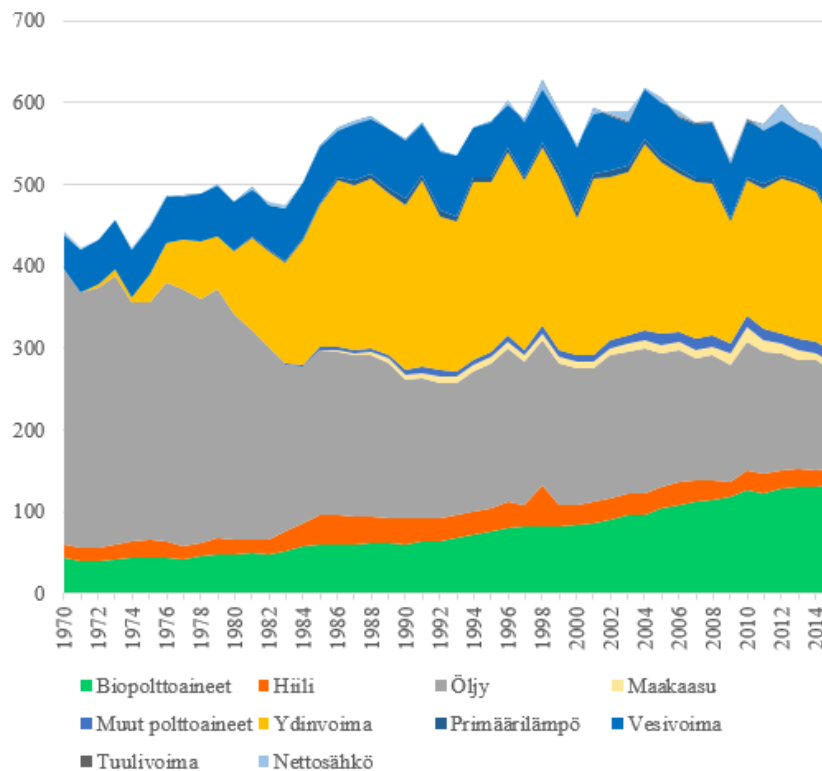


**Kuvio 10.** Shannon-Wiener-indeksin arvot (Grubb ym. 2006: 4052).

Le Coq, C. & Paltseva, E. (2009) valitsivat portfolioanalyysiinsa HHI, sillä heidän mielestään isot energian toimittajat, joilla on isompi markkinaosuus energiantuonnista, voivat todennäköisemmin aiheuttaa suurempia riskejä energianturvallisuuteen. Oikean mittarin valitseminen energian diversiteetin mittaamiseen ei ole kuitenkaan yksimielistä. HHI tarjoaa laajemman analyysin erilaisilla painotuksilla diversiteettiin ja tasapainoon, joten jos analyysissä halutaan keskittyä vain diversiteettiin globaalin konseptiin, SWI saattaisi olla sopivampi vaihtoehto. Lisäksi SWI on matemaattisesti tehokkaampi, sillä esitysjärjestykset eivät ole herkkiä muutoksille logaritmin perusteella. Grubb ym. (2006) hyödynsivät molempia indeksejä ja myös Krut ym. (2009) korostivat molempien mittarien tärkeyttä diversiteetin mittaamisessa. (DeLlano-Paz & Fernandez 2016.)

## 6.2. Ruotsin energiapolitiikka

Seuraavaksi esitellään Ruotsin energiapolitiikka lyhyesti, että energiaturvallisuuden diversiteetti arvoja pystyttäisiin tulkitsemaan kattavammin ja ymmärtää paremmin Ruotsin tavoitteita energiaturvallisuuden suhteen. Ruotsin energiavirasto hallinnoi energiantarjontaan ja –käyttöön liittyviä kysymyksiä. Sen tarkoituksena on kehittää energiatoimitusvarmuutta ja energiajärjestelmiä kestävästi ja kustannustehokkaasti siten, että niillä on pieni vaikutus terveyteen, ympäristöön ja ilmastoon (Statens myndighet 2015: 11). Kuvio 11 nähdään, että Ruotsin primäärienergian tarjonta biopolttoaineiden osalta on kasvavassa trendissä, kun taas öljyn ja ydinvoiman osuus kokonaistarjonnasta on puolestaan laskeva. Ruotsin päämääränä on yhä enemmän siirtyä kuluttamaan bioenergiaa ja muita uusiutuvia energiamuotoja, mikä näkyykin energiantarjonnassa. Ruotsin sähköntuotanto on suuresti riippuvainen ydinvoimasta, joten ydinreaktoreiden määrän vähenemisestä huolimatta, ydinvoima tulee olemaan merkittävä osa energiatuotantoa. Tämä tulee kuitenkin vaikuttamaan pitkänaikavälin sähköntuotannon turvallisuuskysymyksiin.



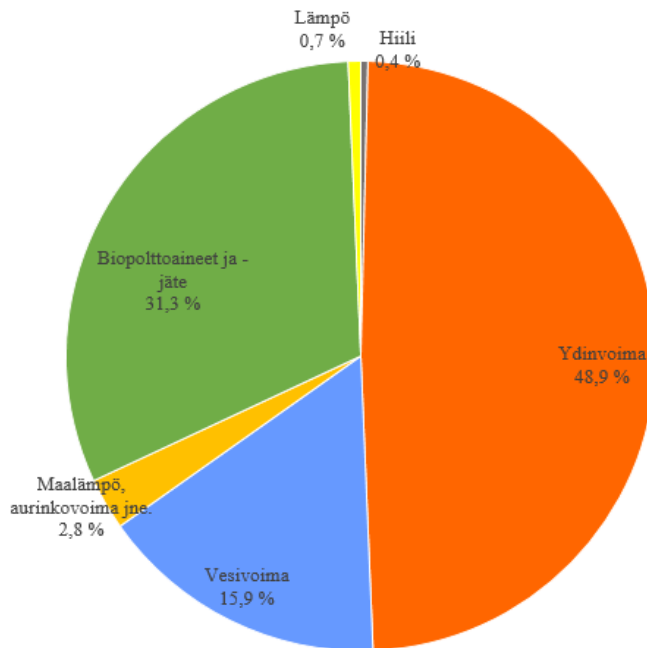
**Kuvio 11.** Ruotsin primäärienergian tarjonta (TWh) (Energimyndigheten 2017).

Ruotsi kuuluu Suomen lisäksi energiaintensiivisiin maihin, jossa teollisuuden tarpeisiin tarvitaan suuria voimalaitoksia, ja näin ollen energia on molempien maiden kannalta kilpailukykyä edistävä tekijä. Toimitusvarmuutta ylläpitääkseen Ruotsilla on myös tehoreservi, jolla voidaan taata energiantarjonta kulutus huipuissa, ja sähkön siirtoyhteyksiä sekä kulutusjoustoja pyritään kehittämään. Myös Ruotsin osalta bioenergian voidaan nähdä olevan keskeisin päämäärä energiantuotannon suhteen. Euroopan unionin määräämä päästötavoite Ruotsin päästökaupan ulkopuoliselle päästöille on 40 prosenttia, uusiutuvien energiamuotojen osuus kokonaisenergiankulutuksesta tulee nostaa 27 prosenttiin ja energiatehokkuutta lisätä 27 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Ruotsin hallituksen ja osan oppositiopuolueiden päätöksen mukaisesti maan tavoitteena on nollata nettohiilidioksidipäästöt vuoteen 2045 mennessä ja välietappina toimii 40 prosentin päästövähennys päästökauppaan kuulumattomissa päästöissä vuonna 2020 eli EU:n asettamista tavoitteista etuajassa. Päästövähennysten saavuttamiseksi Ruotsi investoi muihin EU maihin tai käyttää joustavia mekanismeja (esim. Clean Development Mechanism). Maan on tarkoitus siirtyä täysin uusiutuvan energian käyttöön sähköntuotannossaan vuoteen 2040 mennessä ja Ruotsi tavoittikin päämääränsä yli 50 prosentin uusiutuvan energian loppukäytöstä jo vuonna 2012, vaikka alkuperäinen tavoite oli vuonna 2020. (Aalto ym. 2016: 1, 5, 9.)

Ruotsi kuuluu myös niihin maihin, joilta puuttuu kokonaan omat öljyvarat ja se on täysin riippuvainen tuontiöljystä. Ruotsin tuontiöljy saadaan lähinnä Pohjanmereltä, joka on saavuttanut jo oman tuotantopiikkinsä ja näin ollen Ruotsin tulee jossain vaiheessa joko vähentää sen riippuvuutta öljystä tai etsiä muita öljyntuotajia. Tämä tulee vaikuttamaan Ruotsin energiaturvallisuuteen tulevaisuudessa. (Sähl ym. 2014: 333.)

Kuten seuraavalla sivulla olevasta kuviosta 12 nähdään niin vuonna 2014 Ruotsin oma energiantuotanto perustui ydinvoimalle sekä uusiutuviin energiamuotoihin, jotka kattivat noin puolet omasta energian tuotannosta. Ruotsin Vattenfall aikoo sulkea neljä reaktoriaan vuoteen 2020 mennessä, sillä verotuksen ja turvamääräysten kiristytessä vaaditaan vuosien 2018-2020 aikana kalliita investointeja ydinenergiaan. Ruotsin parlamentaarinen energiasopimus vuonna 2016 kuitenkin poistaa ydinsähkön tehoveron asteittain

estääkseen äkillisen tehomäärän alasajon ja 10 olemassa olevaa ydinreaktoria aiotaan korvata uusilla reaktoreilla yksityisen rahoituksen turvin, mikä on osaltaan ristiriidassa täysin uusiutuvaan energiaan perustavan tavoitteen kanssa. (Aalto ym. 2016: 9.)



**Kuvio 12.** Ruotsin oma energiantuotanto vuonna 2014 (IEA 2017).

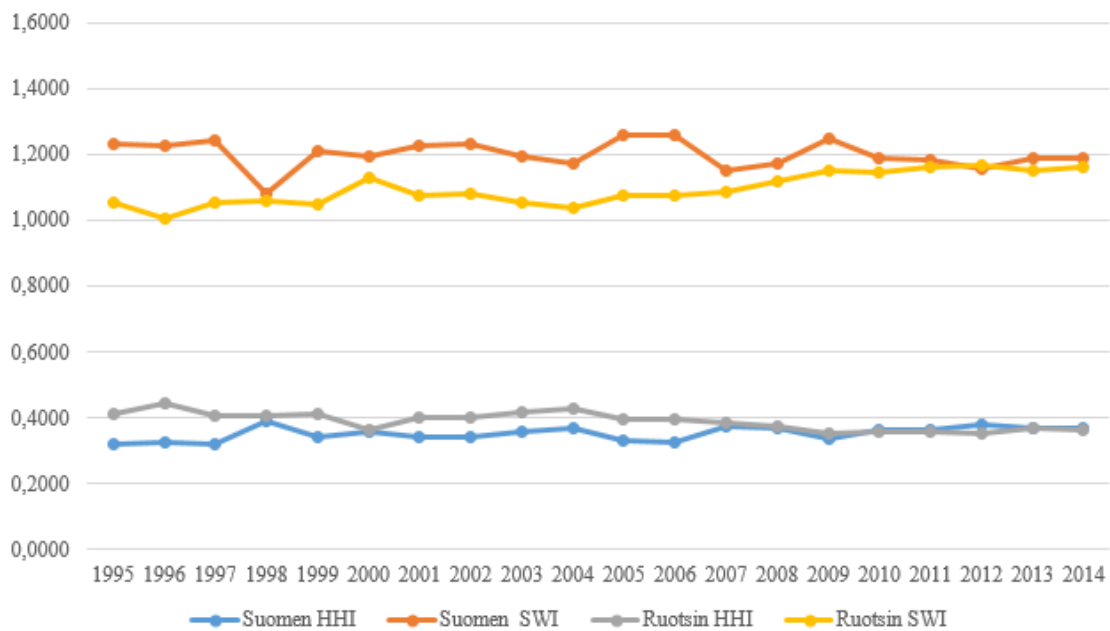
### 6.3. Tulokset

Seuraavaksi esitellään kvantitatiivisen tutkimuksen tulokset, jonka indeksien laske-  
miseksi käytetään IEA:n julkaisemia tilastoja. Tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää  
millä tasolla Suomen energiaturvallisuus on oman tuotannon ja tuonnin suhteen. Näin  
ollen indeksit on laskettu erikseen energialähteiden primäärituotannosta sekä nettotuon-  
nista, koska energiaturvallisuuden kannalta nämä altistuvat erilaisille riskeille. IEA:n ti-  
lastoissa energialähteet on jaettu seuraavasti: hiili, raakaöljy, öljytuotteet, maakaasu,  
ydinvoima, vesivoima, maalämpö ja aurinkovoima yms., biopolttoaineet ja –jäte, sähkö  
ja lämpö. IEA:n julkaisemat energiatilastot ovat esitetty miljoonia tonneja vastaava määrä  
öljynä eli öljyekvivalentteina (ktoe). IEA:n mukaan ydinenergia lasketaan kotimaiseksi

energiaksi tuotannon suhteen, vaikka sen polttoaineena käytetäänkin tuontienä turvaan uraania.

### 6.3.1 Oman energiantuotannon diversiteetti

Suomen ja Ruotsin primäärienergian oman tuotannon tilastot eivät sisällä öljytuotteita, maakaasua eikä sähköä, koska kummallakaan maalla ei ole niitä vastaavia varantoja ja koska oma sähköntuotanto tuotetaan alun perin muusta energiasta, kuten esimerkiksi hii-  
lestä tai vesivoimasta. Seuraavan kuviosta 13 voimme tarkastella Suomen ja Ruotsin oman primäärienergiatuotannon diversiteetti-indeksit niin Herfindahl-Hirschmanin ja Shannon-Wienerin mukaan.



**Kuvio 13.** Oma energiantuotanto mitattuna diversiteetti-indekseillä.

Vuonna 1995 Suomen HHI sai arvoksi 0,32 ja vuonna 2014 se oli kohonnut 0,37, joten kehitys on ollut kohti keskittyneempiä markkinoita. Vuonna 1995 Suomen SWI:n arvo oli 1,23 ja vuonna 2014 se sai arvon 1,18 eli kehitys on ollut myös tämän indeksin mukaan

kohti yksipuolisempia markkinoita. Suomen oman energiantuotannon SWI on pysynyt suhteellisen vakaana heilahduksista huolimatta ja vuonna 2014 arvona oli 1,19. SWI antaa suhteellisesti enemmän painoarvoa pienemmille markkina osakkaille kuin HHI, joten SWI:stä muodostuvassa viivadiagrammissa on suurempaa vaihtelua. Vuonna 1998, kun hiilestä tuotetun energian määrä romahti edellisvuoden 17 prosentista 3 prosenttiin, näkyi piikkinä alaspäin eli tällöin markkinoiden diversiteetti on kärsinyt huomattavasti. Sama piikki esiintyy myös HHI arvossa. Aikaväliltä 1995-2014 mitattuna HH-indeksin tulokseksi saatiin Suomen oman tuotannon osalta (Kuvio 13), että energiantuotannon keskittyneisyyden huippu on ollut vuonna 1998 ja 2007, jolloin energiantuotanto oli molempina vuosina keskittynyt eniten biopolttoaineiden- ja -jätteiden sekä ydinvoiman hyödyntämiseen. Biopolttoaineet ja -jäte kattoivat tuotannosta 45 prosenttia vuonna 1998 ja 47 prosenttia vuonna 2007. Ydinvoiman osuus kotimaisen energiantuotannosta oli puolestaan 42 prosenttia vuonna 1998 ja 38 prosenttia vuonna 2007.

Suomen oman energiantuotannon HHI on hitaasti kasvavassa trendissä, sillä HHI arvo oli 0,32 vuonna 1995 ja se on hiljalleen kohonnut arvoon 0,37 vuonna 2014, mikä tarkoittaa diversiteetin heikentymistä. Sällh ym. (2014) mukaan yli 0,25 arvo tarkoittaa alhaista energian diversiteettiä, joten Suomen oma energiatuotanto on menossa enemmän kohti keskittyneitä energiamarkkinoita. Erona alku ja lähtö vuosilla on, että nimenomaan biopolttoaineiden ja -jätteen osuus energiantuotannossa on kasvanut samalla, kun muiden energialähteiden, kuten hiilen ja ydinvoiman markkinaosuudet ovat pienentyneet. Suomessa maalämmön ja aurinkoenergian yms. osuus energiamarkkinoilla on kasvanut, mutta se on suhteessa edelleen niin pientä, että sillä ei ole juurikaan vaikutusta indeksiin. Vuonna 2014 maalämpö ja aurinkoenergia yms. kattoivat vain 0,53 prosenttia Suomen omasta primäärienergian kokonaistuotannosta. Suomen vuosittainen vaihtelu energian diversiteetin osalta on ollut suurta, joten yksiselitteisesti ei voida sanoa, että onko Suomen energiantuotanto todella heikentynyt.

Ruotsin HHI oli arvoltaan 0,41 vuonna 1995 ja se oli laskenut arvoon 0,36 vuonna 2014, mikä tarkoittaa positiivista kehitystä kilpailullisimpiin kotimaan markkinoihin. Ruotsin SWI oli puolestaan kasvanut vuoden 1995 arvosta 1,05 arvoon 1,16 vuonna 2014, joka

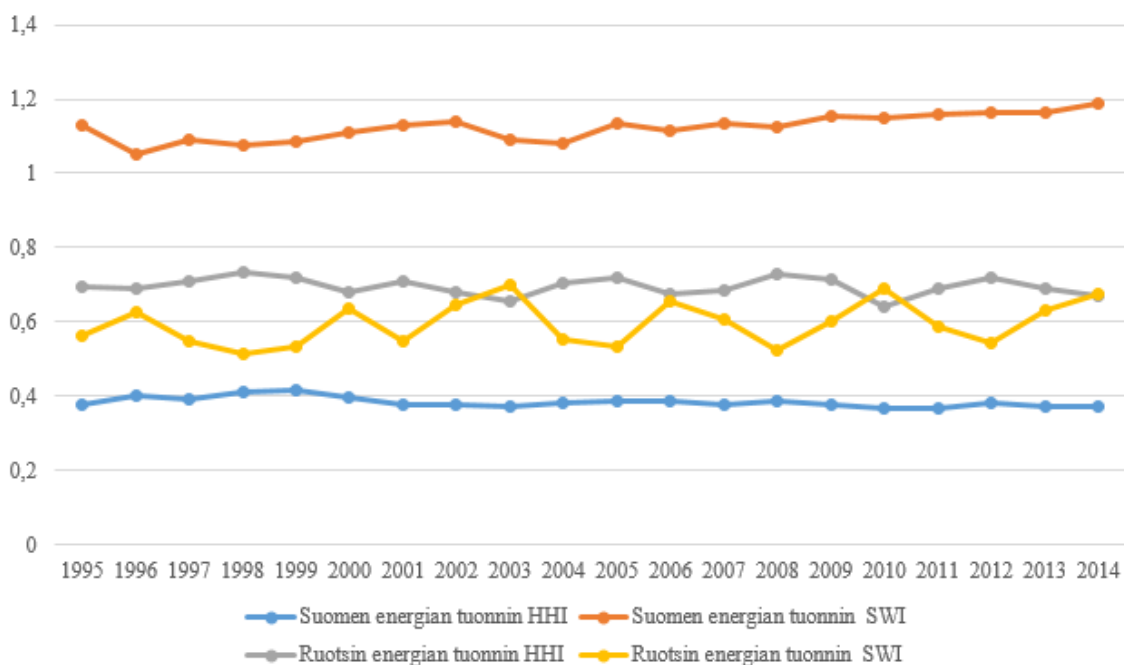
myös indikoi positiivista markkinakehitystä. Ruotsin diversiteetin kehitys oman tuotannon suhteen kohti monipuolisempia markkinoita on ollut selkeämpi ja trendi vakaampi. Ruotsin Herfindahl -Hirschman-indeksi on laskenut tarkastelu ajanjakson aikana vuoden 1995 arvosta 0,41 arvoon 0,36 vuonna 2014. Eli Ruotsin oman energiantuotannon energianlähteiden markkinaosuudet ovat tasapainottuneet ja monipuolistuneet, sillä vuonna 1995 Ruotsin omasta energiantuotannosta 57 prosenttia koostui ydinvoimasta, 23 prosenttia biopolttoaineista ja -jätteistä sekä 18 prosenttia vesivoimasta ja yhden prosentin osuudet kuuluivat lämmölle ja hiilelle. Vuonna 2014 ydinvoiman määrä oli laskenut 49 prosenttiin ja vesivoiman osuus 16 prosenttiin ja puolestaan biopolttoaineiden ja -jätteen osuus oli kasvanut 31 prosenttiin primäärienergian kokonaistuotannosta. Lisäksi maalämmön ja aurinkovoiman jne. osuus oli kasvanut 0,04 prosentista 2,84 prosenttiin vuosien 1995 ja 2014 välillä, mikä on suhteellisesti iso prosentuaalinen kasvu. Ruotsin SWI arvot ovat puolestaan kasvaneet tasaisesti 1,05 arvosta vuonna 1995 arvoon 1,16 vuonna 2014, mikä tarkoittaa positiivista kehitystä energiamuotojen monipuolistumisen ja hyödyntämistasapainon suhteen. Aalto ym. (2016: 7) kertookin, että Ruotsi on Pohjoismaiden joukossa erikoisuus, sillä se on investoinut tuuli- aurinkovoiman lisäksi myös aaltoenergiaan ja Ruotsissa onkin maalämmön ja aurinkovoiman jne. osuus kasvanut 2,84 prosenttiin vuonna 2014.

### 6.3.2 Energian nettotuonnin diversiteetti

Seuraavan sivun kuviossa 14 verrataan Suomen ja Ruotsin energian nettotuonnin Herfindahl-Hirschman- ja Shannon-Wiener-indeksejä vuosien 1995 ja 2014 välillä. Indeksien laskemiseen on käytetty nettotuontia, jolloin tuonnista on vähennetty vienti. Indeksien laskemiseksi vaaditaan positiivia lukuja, joten negatiiviset nettotuonnin luvut on korvattu arvoilla 0. Suomen osalta joidenkin vuosien arvot saivat negatiivisen arvon biopolttoaineiden ja -jätteen osalta, koska Suomella oli enemmän vientiä ulkomaille kuin maa-hantuontia. Ruotsi puolestaan on pystynyt tuottamaan sähköä enemmän kuin se on kuluttanut, joten joidenkin vuosien osalta negatiivinen nettotuonti korvattiin arvolla nolla. Lisäksi molempien maiden osalta yhdistettiin raakaöljy ja öljytuotteet yhdeksi kategoriaksi positiivisten lukujen varmistamiseksi. Suomen ja Ruotsin nettotuonti energialähteittäin



koostuu siis hiilestä, raakaöljystä ja öljytuotteista, biopolttoaineista ja –jätteistä sekä sähköstä.



**Kuvio 14.** Energian nettotuonti mitattuna diversiteetti-indekseillä.

Suomen HHI sai arvon 0,37 vuonna 1995 ja lievistä vuosittaisista vaihteluista huolimatta indeksi sai saman arvon myös vuonna 2014. Suomen SW-indeksiä tarkastella puolestaan on näkyvissä selkeämpi trendi diversiteetiltään parempia energiamarkkinoita. Vuoden 1995 arvo oli 1,13 ja vuonna 2014 arvo oli kohonnut 1,18. Erityisesti, jos indeksin arvoa vertaillaan vuoteen 1996, jolloin arvona oli 1,05 niin voidaan puhua markkinoiden tasapainottumisesta. Energiaturvallisuuden kannalta tarkasteltuna myös energialähteiden tasapaino portfolioissa on tärkeää, koska myös näin voidaan vähentää riippuvuutta ja haavoittuvaisuutta muista energialähteistä. Vuonna 2017 hiili oli 21 prosenttia, raakaöljy ja öljytuotteet olivat 54 prosenttia, biopolttoaineet ja –jätteet puolestaan 0,5 prosenttia sekä sähkö 9 prosenttia nettotuonnista.

Vertailumaan Ruotsin vastaavissa diversiteetin indekseissä on nähtävissä runsasta arvojen vuosittaisista vaihtelua. HHI sai arvon 0,70 vuonna 1995 ja vuonna 2014 se oli laskenut

arvoon 0,67. Tarkastelu ajanjakson aikana arvo oli korkeimmillaan vuonna 2008, jolloin HHI sai arvon 0,73 ja öljyn tuonti oli korkeimmillaan kattaen 85 prosenttia kokonaistuonnista. Puolestaan matalimman arvon Ruotsin HHI saavutti vuonna 2010, kun indeksi sai arvon 0,64. Kyseisenä vuonna raakaöljyä ja öljytuotteita (78,73 %) tuotiin hieman vähemmän ja erityisesti maakaasun (7,44 %) nettotuonti oli korkealla tasolla verrattuna kokonaistuontiin. Ruotsin energian nettotuonnin diversiteetti SWI mukaan on erittäin vaihtelevaa, mikä johtuu SWI:n matemaattisista ominaisuuksista, jotka painottavat pienempiä markkinaosakkaita. Näin ollen sähkön nettotuonnin määrien vaihtelu vaikuttaa suuresti indeksin arvoihin, koska joinakin vuosina sähkön vientiä on ollut enemmän kuin tuontia. Esimerkiksi Suomi tuo tällä hetkellä suurimman osan sähköstään Ruotsista, joka tuottaa sen ydinvoiman ja vesivoiman avulla. Vuonna 1995 Ruotsin SWI sai arvon 0,56 ja vuonna 2014 se sai arvon 0,67, josta voisi päätellä diversiteetin kehittymistä. Toisaalta kuitenkin vuosittainen vaihtelu on ollut sen verran suurta, että indeksien arvoista ei voida tehdä selkeitä johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen.

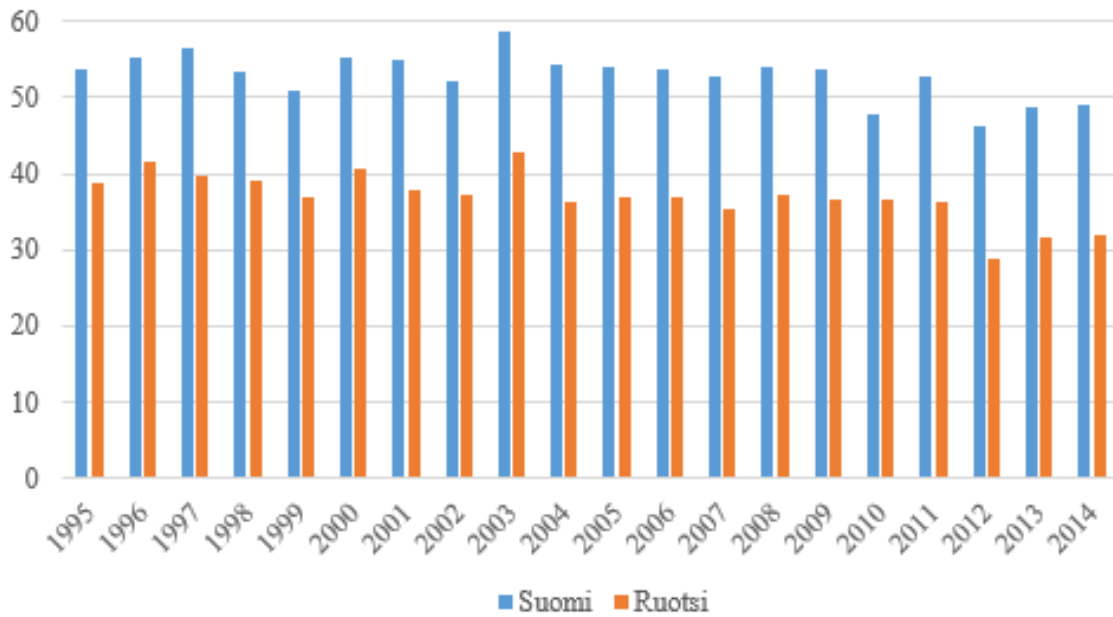
#### 6.4. Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että oman energiantuotannon suhteen Suomen energiamarkkinat diversiteetti-indeksien suhteen eivät suuresti eroa, mutta Ruotsin energiamarkkinoilla on näkyvissä positiivisempaa kehityssuuntaa kohti kilpailullisempia markkinoita eri energiamuotojen välillä. Kuitenkin niin Suomen kuin Ruotsin energiantuotannon ja tuontien suhteen voidaan puhua matalasta diversiteetistä, koska molempien Herfindahl-Hirschman-indeksien arvot pysyttelevät 0,25 yläpuolella. Suomen energiantuotanto tulee todennäköisesti keskittymään tulevaisuudessa entistä enemmän, sillä energia- ja ilmastopoliittisista syistä Suomessa pyritään lisäämään bioenergian ja ydinvoiman osuutta omassa energiantuotannossa. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että vaikka oman tuotannon monipuolisuus heikentyisikin, niin jos tuontien määrä samalla vähenee, niin myös riippuvuus ulkomaisista energianlähteistä heikkenee. Näin ollen kokonaisuudessa oman tuotannon keskittymisellä on positiivisia vaikutuksia energiaturvallisuuteen erityisesti, jos samalla vähennetään ympäristöhaittoja, kuten hiilidioksidipäästöjä vaihta-

mallalla energiantuotanto hiilestä bioenergiaan. Ruotsin energiantuotannon diversiteetin kehittyminen riippuu siitä, miten paljon ydinvoiman osuus vähenee energiantuotannossa ja millä se korvataan tulevaisuudessa. Onko painopiste myös Ruotsilla bioenergiassa vai keskitytäänkö myös muiden energiamuotojen kehittämiseen?

Energian nettotuonnin osalta molemmissa maissa on erittäin alhainen diversiteetti. Indeksissä maiden välillä on selkeä ero. Ruotsin primäärienergiantuonti on keskittynyt selkeästi raakaöljyn ja öljytuotteiden tuontiin, mikä vaikuttaa diversiteetti-indeksien arvoihin negatiivisesti ja tarkoittaa energiamarkkinoiden korkea keskittyneisyyttä. Ruotsin ja Suomen välille on rakenteilla LNG-terminaali, mikä saattaa tulevaisuudessa näkyä positiivisena kehityksenä Ruotsin energian nettotuonnin diversiteetti-indekseissä. Toinen terminaali Viron ja Suomen välillä puolestaan vaikuttaa Suomen energiantuonnin diversiteetti-indekseihin. Maakaasun korkeampi osuus energiatuonnin portfoliossa nostaisi molempien maiden energiaturvallisuutta energialähteiden riippuvuuden näkökulmasta sekä lisäksi yhteys lisäisi kilpailua energiamarkkinoilla. Energiatuonti molemmissa maissa on erittäin keskittynyttä, mutta energiantuonnin diversiteetin lisäksi tulee ottaa huomioon, että kuinka suuri osuus tällä tuontienegialla on maan kokonaiskulutuksessa. Jos ulkoisesta energialähteestä ollaan täysin riippuvaisia ja sen osuus maan kokonaiskulutuksessa on suuri, niin sen tuotannossa esiintyvät häiriöt vahingoittavat paljon maan taloutta. Toisaalta, vaikka riippuvuus tuontienegialta olisi suuri, mutta sen osuus kokonaiskulutuksessa olisi pieni niin pienet häiriöt sen tuotannossa ja hinnassa eivät aiheuttaisi suuria häiriöitä talouden kulkuun.

Seuraavalla sivulla oleva kuvio 15 (Eurostat 2017) esittää Suomen ja Ruotsin energiariippuvuudet, minkä indikaattori lasketaan laskemalla yhteen energian nettotuonti ja jakamalla se maan kokonaiskulutuksella, mihin on lisätty säiliöt. Sekä Suomen ja Ruotsin energiariippuvuus on aikavälillä 1995 ja 2014 laskenut, mutta Suomi on huomattavasti riippuvaisempi tuontienegialta kuin Ruotsi. Tarkasteluajanjakson aikana on tosin paljon vaihtelu vuosittaisten indeksien suhteen. Vuonna 2014 Suomen riippuvuus tuontienegialta oli 48,9 prosenttia, kun taas Ruotsin vastaava arvo oli 32 prosenttia.



**Kuvio 15.** Suomen ja Ruotsin energiariippuvuus prosentteina (Eurostat 2017).

Kun otetaan tuontienergian kehitys mukaan diversiteetti-indeksien lisäksi, niin on perusteltavaa sanoa, että kokonaisuutena Suomen energiamarkkinat ovat kehittymässä energiaturvallisuuden kannalta paremmiksi. Sen lisäksi, että tuonnin diversiteetin indekseissä on nähtävissä mahdollisesti lievää kehitystä monipuolisempiin markkinoihin, niin myös riippuvuus energiantuonnista vähentynyt, jolloin Suomen riskit koskien ulkopuolisista ta-  
hoista johtuvia häiriöitä pienevät. Tämä tarkoittaisi vakaampia energiamarkkinoita tar-  
jonnan ja hintojen suhteen.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kappaleessa tehdään yhteenveto koko tutkielmasta sekä johtopäätökset, jota kerätystä materiaalista voidaan tehdä. Energia liittyy olennaisesti taloudelliseen kehitykseen, teollisiin tutkimuksiin, tieteelliseen ja sosio-kulttuuriseen kehitykseen sekä ympäristön suojeluun ja kansainväliseen politiikkaan (Chuang ym. 2014). Tämä näkyy myös tässä tutkielmassa, missä on pyritty käsittelemään Suomen energiaturvallisuutta mahdollisimman monipuolisesti, mutta kuitenkin erityisesti energian diversiteetin näkökulmasta.

Energiaturvallisuus käsitteenä on moniulotteinen ja sidottu kansalliseen energia- ja ilmastostrategiaan, jonka perustana toimii Euroopan unionin energiapolitiikan linjaukset. Euroopan unioni on ottanut globaaliksi tavoitteekseen hidastaa ilmastonmuutosta ja asettanut jäsenmailleen velvoitteita tavoitteidensa saavuttamiseksi niin päästöjen kuin uusiutuvan energiansuhteen, joka osaltaan edistää omavaraisuutta niin EU:n alueella kuin kansallisesti. EU:n muodostama energiaunioni luo yhteisiä tavoitteita energiapolitiikkaan ja visiona on yhtenäinen energiaverkosto myös energiaturvallisuuden kehittämiseksi. Euroopan unionin energiaturvallisuuden kolme keskeistä päämäärää ovat energiansaannin turvaaminen, kilpailukyvyn ja edullisten hintojen tarjoaminen, sekä kestävä kulutus alentaen samalla kasvihuonepäästöjä ja muita saasteita. EU:n linjauksia seuraten Suomen energiaturvallisuuden kolmeksi ulottuvuudeksi on määritelty: kustannustehokkuus kansainvälisen kilpailukyvyn ja kansantalouden kasvun takaamiseksi, kestävyys ympäristönäkökulmasta, sekä toimitusvarmuus. Sekä EU:n, että Suomen energiaturvallisuuden strategiat voidaan käytännössä tiivistää kolmeksi sanaksi, jotka ovat toimitusvarmuus, kilpailukyky ja kestävyys. Erityisesti Suomelle strategian kilpailukyky edullisten kuluttajahintojen lisäksi tarkoittaa myös yritysten kilpailukykyä globaaleilla markkinoilla, mikä on Suomen talouden kasvun edellytys. Tämä tavoite menee myös kestävyys edelle otettaessa huomioon uusiutuvan energian lisääminen teollisuussektorille. Molemmat, Suomi ja EU, ovat erittäin riippuvaisia energiantuonnista ja erityisesti Venäjästä tuodusta energiasta. Näin ollen energiaturvallisuuden kehittämiseksi on strategioiksi valittu omavaraisuuden kasvattaminen sekä energian diversiteetti, joka on tärkeässä roolissa riippuvuuden vähentämisessä yksittäisistä toimittajista.

Tulokseksi Suomen oman energiantuotannon diversiteettiä tutkittaessa saatiin, että Suomen omat energiamarkkinat ovat keskittyneitä ja markkinat ovat hitaasti kehittymässä vielä keskittyneempiä markkinoita kohden. Tarkasteluajan jaksolla indeksien arvoissa oli huomattaviakin vaihteluita, joten selkeää trendiä energian diversiteetin kehittämisessä ei pystytäkään ennustamaan. Oman energiantuotannon diversiteetin heikentymisen taustalla on energiapoliittiset tavoitteet, jonka mukaan pyritään aktiivisesti kohti omavaraisempaa energiantuotantoa erityisesti bioenergian avulla hyödyntäen erityisesti puuperäisiä polttoaineita. Energiaturvallisuuden kannalta omavaraisuuden kehittyminen tarkoittaa itenäisyyden lisääntymistä, mikä on hyvä asia ja näin ollen vähentää riippuvuutta ulkoisista energian tuottajista. Lisäksi bioenergian käyttö vähentää kasvihuonepäästöjä ja saasteita, joka positiivista. Toisin sanoen, tästä näkökulmasta energian diversiteetin heikentyminen ja markkinoiden keskittyminen on Suomelle hyvä strategia sekä tukee energia- ja ilmastopoliittisia tavoitteita toimitusvarmuuden ja kestävyysnäkökulmista. Tosin Aalto ym. (2016: 18) analyysissään argumentoi, että omavaraisuus ei ole kansallisella tasolla resurssi- tai kustannustehokas tavoite EU:n pyrkiessä yhtenäisimpiin energiamarkkinoihin, kun erityisesti pohjois-eurooppalaisilla markkinoilla on jo tarjolla edullista uusiutuvaa energiantuotantoa. Tuontien energian suhteen Suomen energiantuotannossa on näkyvissä hyvin lievää kehittymistä kohti monipuolisempia markkinoita Shannon-Wiener-indeksin mukaan, mutta edelleen on kyse keskittyneistä energiamarkkinoista. Tuontisähkön ja biopolttoaineiden osuus on kasvanut energian kokonaistuonnissa, mutta niiden määrä on edelleen suhteellisesti pieni verrattuna siihen, että raakaöljyä tuotiin 46 prosenttia vuonna 2014. Tällä hetkellä, kun kaikki maakaasu ja suurin osa öljystä saadaan Venäjältä, niin Suomen tuontiriippuvuus yhdestä energiantoimittajasta on suuri. Parhaiten Suomessa voidaan kehittää energian diversiteettiä ja energiaturvallisuutta keskittymällä uusiutuviin energianlähteisiin, kuten biomassaan ja tuulivoimaan, mutta niiden hyödyntämisen esteinä tulevaisuudessa ovat ympäristö, hinta ja politiikan linjaukset.

Tässä tutkimuksessa on yksipuolisesti keskitytty eri energiamuotojen tasapainosuhteista muodostuviin yksinkertaisiin Herfindahl-Hirschman- ja Shannon-Wiener-indekseihin, joilla mitataan markkinoiden keskittyneisyyttä. Energiamuotojen markkinaosuuden lisäksi energiaturvallisuuteen liittyy myös muun muassa, kun tarkastellaan omaa energiantuotantoa, niin laitosten lukumäärä, tuotetun energiamäärän vakaus ja energian riittävyys

pitkällä aikavälillä. Tuontien energian suhteen puolestaan tulisi tarkastella myös esimerkiksi kuinka vakaa tuottajamaa on poliittisesti ja energiantoimittajien lukumäärää. Kun yhtälöön lisätään vielä energia- ja ilmastopoliittiset tavoitteet niin kyseessä ei ole mikään yksinkertainen yhtälö. Yksinään siis tämän kaltainen markkinaosuuksien tarkastelu on riittämätön energiaturvallisuutta koskeviin päätöksiin, mutta kertoo mihin suuntaa energiamarkkinat ovat kehittymässä. Tutkimuksen avulla voidaan kuitenkin ymmärtää, mihin huomiota tulisi kiinnittää tulevaisuudessa enemmän, jotta energiamarkkinat kehittyisivät myös energiaturvallisuuden kannalta oikeaan suuntaan.

Suomen hallituksen energia- ja ilmastopoliitikkalle asetetut tavoitteet vuodelle 2030 ovat kunnianhimoisia ja tarkoittavat paljon kehittymistä teknologian ja tuotannon suhteen. Kun tavoitteena on uusiutuvan energian osuuden lisäämistä yli 50 prosenttiin loppukulutuksesta, niin se tarkoittaa huomattavaa kasvun määrää bioenergian hyödyntämisessä, missä erityisesti biokaasun tuottamiseen tarvitaan investointeja ja panostusta. Omavaraisuuden kasvattaminen sekä tavoitteet hiilestä luopumisesta ja öljyn kotimaisen käytön puolittamisesta vuoteen 2030 mennessä tarkoittavat myös lisääntyvää bioenergian käyttöä. Uusiutuvan energian tavoitteet merkitsevät Suomelle yksipuolisempia energiamarkkinoita, mutta toisaalta myös omavaraisempaa energiataloutta. Suomeen rakenteilla oleva ydinvoimala tulee parantamaan sähköntuotannon omavaraisuutta, kun tällä hetkellä Suomen tuodun sähkön määrä on ollut kasvussa ja vuoden 2016 tullin ennakkotilastojen mukaan sähkön tuontimäärä oli 22,2 terawattituntia, kun kokonaissähkön kulutus oli tilastokeskuksen mukaan n. 85,1 terawattituntia samana vuonna. Osaltaan ydinvoiman lisääminen tarkoittaa myös päästöjen pienentymistä. EU:n tavoitteena on muodostaa laajemmat sisämarkkinat energian toimittamiseen ja rakenteilla on niin sähkö- kuin maakaasuverkostoja, jotka yhdistävät myös Suomen laajemmin Euroopan energiamarkkinoille. Tulevaisuudessa Suomen energiamarkkinoita kehittävät Viron ja Suomen välille rakenteilla oleva Balticconnector- kaasuputki, Ruotsin ja Suomen välille suunnitteilla oleva sähköyhteys sekä suunniteltu ydinvoimala yksikkö Olkiluotoon. Tiivistyvä pohjoismainen sekä eurooppalainen yhteistyö tarjoavat joustavuutta ja sietokykyä Suomelle energiaturvallisuuden näkökulmasta. Lisäksi nämä tarkoittavat myös kilpailukykyisempiä markkinoita energian kokonaistuotantoon.

Suomen tulisi tarkastella energiaturvallisuuden kannalta myös miten kasvava energiankysyntä saadaan tyydytettyä ja näin ollen on myös olennaista tarkastella, miten energiankysyntää pystyttäisiin vähentämään. Tämän tyyppisen tutkimuskysymyksen näkökulmina tulisi olla erityisesti tekniikan kehittyminen ja hyödyntäminen sekä energiateknikoiden kysynnän hintajousto.



## LÄHTEET

- Aalto, P., Harsia, P., Heljo, J., Holttinen, H., Jaakkola, I., Järventausta, P., Kirkinen, J., Kojo, M., Konttinen, J., Oksa, A., Rönkkö, T., Sorri, J. & Toivanen, P. (2016). Pohjoismaiden energiapolitiikka 2030 : hiilineutraalimpaan energiajärjestelmään osin yhdessä, osin eri polkuja pitkin. *EL -TRAN analyysi 4/2016*, [online][siteerattu 18.05.2017], 23 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<https://tam-pub.uta.fi/handle/10024/100685>>
- Alm, Markku (2015). *Uusiutuva energia*. Toimialaraportit 3/2015 [online]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2523/Uusiutuva\\_energia2015\\_final.pdf](http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2523/Uusiutuva_energia2015_final.pdf)>
- APERCH (2007). *A Quest for Energy Security in the 21<sup>st</sup> Century*: Resources and Constraints. Japan: Asia Pacific Energy Research Centre. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://aperc.ieej.or.jp/file/2010/9/26/APERC\\_2007\\_A\\_Quest\\_for\\_Energy\\_Security.pdf](http://aperc.ieej.or.jp/file/2010/9/26/APERC_2007_A_Quest_for_Energy_Security.pdf)>
- Aslani, A., Naaraoja, M., Helo, P., Antila, E. & Hiltunen, E (2013). Energy diversification in Finland: achievements and potential of renewable energy development. *International Journal of Sustainable Energy* 32:5 [online][siteerattu 08.04.2017], 504-510. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://dx.doi.org/10.1080/14786451.2013.766612>>
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. London: Springer. 722 s. ISBN 0-85729-267-6.
- Cherp, A. & Jewell, J. (2011). The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3:4 [online][ siteerattu 08.04.2017], 202-212 s.

Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343511000583>>

Cherp, A. & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy policy*:75 [online][siteerattu 08.04.2017], 415–421 s. Saatavana World Wide Webistä:  
<URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514004960>>

Chuang, M. C. & Ma, H. W. (2013). Energy security and improvements in the function of diversity indices—Taiwan energy supply structure case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2 [online][siteerattu 11.05.2017], 24 9-20 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113001809>>

DeLlano-Paz, F. & Fernandez, P. M. (2016). Addressing 2030 EU policy framework for energy and climate: Cost, risk and energy security issues. *Energy* 115:2 [online][siteerattu 08.04.2017], 1347-1360 s. Saatavana World Wide Webistä:  
<URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216000980>>

Euroopan komission (2014). Euroopan energiavarmuusstrategia [online]. Komission tiedonanto. 28.5.2015 [siteerattu 18.5.2017]. Saatavana World Wide Webistä:  
<URL:<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0330&from=EN>>

Euroopan komissio (2015a). Energiaunionia koskeva tiedote [online]. 25.02.2015 [siteerattu 18.5.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-4485\\_fi.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-4485_fi.htm)>

Euroopan komissio (2015b). *Energiaunionipaketti: Joustavaa energiaunionia ja tulevaisuuteen suuntautuvaa ilmastomuutospolitiikkaa koskeva puitestrategia* [online]. Komission tiedonanto. 25.2.2015 [siteerattu 18.5.2017]. Saatavana World

Wide Webistä: <URL:[http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0021.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF)>

Euroopan komissio [online] (2016a). Energy [siteerattu 20.12.2016]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris\\_protocol/energy\\_fi](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris_protocol/energy_fi)>

Euroopan komissio [online] (2016b). Energy Strategy [siteerattu 22.11.2016]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>>

Euroopan komissio [online] (2016c). Energy Security Strategy [siteerattu 19.12.2016]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/energy-security-strategy>>

Eurostat [online] (2016). Energy production and imports [siteerattu 19.12.2016]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_production\\_and\\_imports](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports)>

Grubb, M., Butler, L. & Twomey P. (2006). Diversity and security in UK electricity generation: The influence of low-carbon objectives. *Energy Policy* 34: 18 [online][siteerattu 08.04.2017], 4050-4062 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421505002442>>

Helsingin Sanomat [online] (2016). Metsistä voi tulla Suomelle päästö, jos uudet EULaskelmat toteutuvat. 25.10.2016 [siteerattu 19.05.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.hs.fi/paakirjoitukset/art-2000002926962.html>

Huoltovarmuuskeskus [online] (2016a). Huoltovarmuuden historiaa: 1970-luku [siteerattu 30.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/organisaatio/huoltovarmuuden-historia/1970-luku/>>

Huoltovarmuuskeskus [online] (2016b). Energiahuolto [siteerattu 30.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä:

<URL:<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/energiahuolto/>>

Johansson, B. (2013). A broadened typology on energy and security. *Energy*: 53 [online][siteerattu 08.04.2017], 199-205 s. Saatavana World Wide Webistä:

<URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213001886>>

Kananen, Ilkka (2015). *Suomen huoltovarmuus*. Juva: Docendo Oy. 325 s. ISBN 978-952-291-188-9.

Kohl, J., Loikkanen, T., Hernesniemi, H., Simons, M., Koljonen, T., Nikulainen, T., Valovirta, V., Talja, H. Similä, L. (2012). *Näkymiä Suomen mahdollisuuksista uusiutuvaan energiaan liittyvässä globaalissa liiketoiminnassa* [online]. Kilpailukyky 24/2012 [siteerattu 07.04.2017]. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<https://tem.fi/documents/1410877/3342347/N%C3%A4kymi%C3%A4+Suomen+mahdollisuuksista+uusiutuvaan+energiaan+13082102.pdf>>

Leinonen, A. (2010). *Turpeen tuotanto ja käyttö*. Yhteenveto selvityksistä. VTT Tiedotteita 2550. Helsinki: Edita Prima Oy. 104 s. ISBN 978-951-38-7648-7. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2550.pdf>>

Kruyt, B., van Vuuren, D.P., de Vries, H. J. M. & Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy Policy* 37:6 [online] [siteerattu 07.04.2017], 2166–2181 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509000883>>

Le Coq, C. & Paltseva, E. (2009). Measuring the security of external energy supply in the European Union. *Energy Policy* 37:11 [online] [siteerattu 07.04.2017], 4474–

4481 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509004091>>

Lucas, J. N. V., Frances, G. E. & Gonzalez, E. S. M. (2016). Energy security and renewable energy deployment in the EU: Liaisons Dangereuses or Virtuous Circle?

*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 [online] [siteerattu 07.04.2017],

1032-1046 s. Saatavana World Wide Webistä:

<URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116301022>>

Lyytimäki, J. & Hakala, H. (2008). Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press: Syke 2008. 447 s. ISBN 978-952-495-100-5.

Maanpuolustuskorkeakoulu (2013). *Turvallinen Suomi: Tietoja Suomen kokonaisturvallisuudesta*. Helsinki: Tampereen Yliopistopaino Oy - Juvenes print. 148s. ISBN 978-951-25-2491-4. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/2267766/PEVIESTOS-Turvallinen-Suomi-2013.pdf/3f58b6d8-2830-485b-b5a5-31b1e250f3dc>>

Metla (2013). *Metsätilastollinen vuosikirja 2013*. Metsäntutkimuslaitos. Vammalan Kirjapaino Oy. Sastamala. 470s. ISBN 978-951-40-2405-4. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2013/index.html>>

Motiva [online] (2016). Uusiutuva energia [siteerattu 31.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa)>

OECD/IEA [online] (2017). Statistics [siteerattu 01.02.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=FINLAND=&product=balances>>

Ranjan, A. & Hughes, L. (2014). Energy Security and the Diversity of Energy Flows in an Energy System. *Energy* 73 [online][siteerattu 01.02.2017], 137-144 s. Saatavilla World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214006896>>

Ruska, M., Koljonen, T., Koreneff, G. & Lehtilä, A. (2012). *Fossiiliset polttoainevarat ja –markkinat*. Espoo: VTT Technology 38. 113s. ISBN 978-951-38-7843-6. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T28.pdf>>

Roadmap 2025 –hankkeen loppuraportti (2015). Roadmap 2025: Sähkömarkkina- ja verkkovisio 2035 & Roadmap 2025 [online]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://energia.fi/files/786/Roadmap\\_2025\\_loppuraportti.pdf](http://energia.fi/files/786/Roadmap_2025_loppuraportti.pdf)>

Sovacool, B. K. & Mukherjee, I. (2011). Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy* 36:8 [online][siteerattu 01.02.2017], 5343-5355 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL: >

Statens energimyndighet (2015). Risk- och sårbarhetsanalys över energiförsörjningen i Sverige år 2015 – enligt förordning (2006:942) om krisberedskap och höjd beredskap samt avrapportering av regleringsbrevsuppdrag om informationssäkerhet. ER2015:22 [online][siteerattu 08.04.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/trygg-energiforsorjning/dnr-2015-3321-rsa-energisektorn-2015.pdf>

Stirling, Andy. (2010). Multicriteria diversity analysis: A novel heuristic framework for appraising energy portfolio. *Energy Policy* 38: 4, [online][siteerattu 01.02.2017], 1622-1634 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509000901>>

Sällh, D., Höök, M., Grandell, L. & Davidsson, S. (2014). Evaluation and update of Norwegian and Danish oil production forecasts and implications for Swedish oil import. *Energy* 65, [online][siteerattu 11.05.2017], 333-345 s. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213009857>>

Tilastokeskus [online] (2007). Energian käyttö ja lähteet 1917-2007 [siteerattu 02.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://www.stat.fi/til/ehk/2015/ehk\\_2015\\_2016-12-07\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/ehk/2015/ehk_2015_2016-12-07_fi.pdf)>

Tilastokeskus [online] (2016). Energian hankinta ja kulutus [siteerattu 02.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://www.stat.fi/til/ehk/2015/ehk\\_2015\\_2016-12-07\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/ehk/2015/ehk_2015_2016-12-07_fi.pdf)>

Tilastokeskus [online] (2017). Energian hankinta ja kulutus: 2016, 4. neljännes [siteerattu 20.05.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2016/04/ehk\\_2016\\_04\\_2017-03-23\\_fi.pdf](http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_fi.pdf)>

Työ- ja elinkeinoministeriö [online] (2017a). Energia [siteerattu 30.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://tem.fi/energia>>

Työ- ja elinkeinoministeriö (2017b). *Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030* [online]. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 23.01.2017 [siteerattu 18.5.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79189>>

U.S. Energy Information Administration (2016). *International Energy Outlook 2016: With Projections to 2040*. Washington, DC: EIA. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)>

Valtioneuvoston kanslia (2016). Valtion omistajapolitiikkaa koskeva periaatepäätös [online]. 13.5.2016 [siteerattu 18.5.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://vnk.fi/documents/10616/356365/Periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s\\_2016\\_korjattu.pdf/c24f66ca-ffbe-4fe9-a0da-b7b6a1205b9f](http://vnk.fi/documents/10616/356365/Periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s_2016_korjattu.pdf/c24f66ca-ffbe-4fe9-a0da-b7b6a1205b9f)>

Valtioneuvoston kanslia [online] (2017). Valtioenemmistöiset yhtiöt ja valtion osakkuusyhtiöt [siteerattu 31.01.2017]. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://vnk.fi/omistajaohjaus/valtioenemmistoiset-yhtiot-ja-valtion-osakkuusyhtiot>>